

ISSN 1346-7328

国総研資料 第 1110 号

令和 2 年 4 月

# 国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of  
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1110

April 2020

合成開口レーダ（SAR）画像による土砂災害判読の手引き

鈴木大和・松田昌之・瀧口茂隆・野村康裕・山下久美子・中谷洋明

Guideline for the interpretation of sediment-related disasters  
by synthetic aperture radar (SAR) images

SUZUKI Yamato  
MATSUDA Masayuki  
TAKIGUCHI Shigetaka  
NOMURA Yasuhiro  
YAMASHITA Kumiko  
NAKAYA Hiroaki

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

## 合成開口レーダ (SAR) 画像による土砂災害判読の手引き

鈴木大和\* 松田昌之\*\* 瀧口茂隆\*\*\* 野村康裕\*\*\*\* 山下久美子\*\*\*\*\* 中谷洋明\*\*\*\*\*

Guideline for the interpretation of sediment-related disasters  
by synthetic aperture radar (SAR) images

SUZUKI Yamato\*, MATSUDA Masayuki\*\*, TAKIGUCHI Shigetaka\*\*\*,  
NOMURA Yasuhiro \*\*\*\*, YAMASHITA Kumiko\*\*\*\*\*, NAKAYA Hiroaki\*\*\*\*\*

### 概要

土砂災害発生が見込まれる際に迅速な初動対応を可能にするため、夜間や悪天候時にも活用可能な合成開口レーダによる観測画像を判読し、発生地域を特定する方法について解説する。

キーワード : SAR画像、斜面崩壊、土砂災害、河道閉塞、画像判読、後方散乱係数

### Synopsis

This guideline describes synthetic aperture radar images interpretation of sediment-related disasters that can be used even at night or under adverse weather conditions, in order to enable to identify disaster-stricken area.

Key Words: SAR Image, Slope Collapse, Sediment-related Disaster, Landslide Dam,  
Image Interpretation, Backscatter Coefficient

---

* 土砂災害研究室研究官	Researcher, Sabo Risk-Management Division
** 土砂災害研究室交流研究員	Guest Research Engineer, Sabo Risk-Management Division
*** 土砂災害研究室主任研究官	Senior Researcher, Sabo Risk-Management Division
**** 前土砂災害研究室主任研究官	Former Senior Researcher, Sabo Risk-Management Division
***** 前土砂災害研究室交流研究員	Former Guest Research Engineer, Sabo Risk-Management Division
***** 土砂災害研究室長	Head, Sabo Risk-Management Division

[はじめに]

大規模な斜面崩壊・深層崩壊の発生によって河道内に土砂が堆積すると、河川をせき止めて湛水域が形成されることがある。河道を閉塞した土砂は不安定であることが多く、湛水域が急速に拡大した場合には決壊等が生じて下流域に甚大な被害をもたらす恐れがあるために災害後の迅速な状況把握が求められる。また、斜面崩壊・表層崩壊が集中的に発生した場所及びその範囲をいち早く把握することも同様に応急対策の早期着手に繋げるために重要である。

これまで国総研では、昼夜や天候を問わず観測可能な合成開口レーダ（以下、「SAR」という。）画像を用いた判読に着目し、河道閉塞箇所を迅速に把握する手法の検討を行ってきた。その成果は2013年11月国土技術政策総合研究所資料第760号「単偏波の高分解能 SAR 画像による河道閉塞箇所判読調査手法（案）」（以下、「国総研資料第760号」という。）としてとりまとめた。その後、より迅速かつ確実に河道閉塞箇所を把握するために高分解能2偏波 SAR 画像を用いた抽出手法へと発展させ、その成果は2014年6月国土技術政策総合研究所資料第791号「2偏波 SAR 画像による大規模崩壊及び河道閉塞箇所の判読調査手法（案）」（以下、「国総研資料第791号」という。）としてまとめた。

近年では、定常的な観測により蓄積され続けているデータを活用し、災害前後の SAR 画像を活用できる機会が増加してきている。国総研ではこれまでの知見を生かすとともに、災害前後の SAR 画像を用いた土砂災害の判読調査を行う方法を考案して近年の災害対応に適用した。その結果、これまで対象としてきた大規模な斜面崩壊だけではなく、より小さな崩壊現象、地形や土地被覆が変化した箇所についても抽出できること、広範囲で斜面崩壊が高密度に発生する土砂災害についても短時間で被害状況を把握できることが明らかとなった。本資料は SAR 画像による土砂災害を判読する方法について解説するとともに、適用条件と留意事項についてとりまとめた。地方整備局等の災害対応時の効率性を向上させるため、衛星画像等の一層の活用が求められていることから、被害範囲の早期の絞り込みによる的確な初動調査を支援する技術のひとつとして参考になれば幸いである。

なお、本資料は国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（以下、「JAXA」という。）との共同研究「陸域観測技術衛星2号「だいち2号」による土砂災害監視手法の開発に関する共同研究」（平成29年度～）による成果の一部である。

令和2年4月 国総研 土砂災害研究部 土砂災害研究室

## [本資料の目的と構成]

本資料は、土砂災害発生時に地方整備局職員等が SAR 画像を用いた土砂災害判読調査を行うための手順と技術的指針を示したものである。また、SAR 画像に関する基本事項や技術的留意事項について解説しているため、防災担当者だけでなく土砂災害等の判読調査に関わるその他の技術者にも活用できるものと考えている。

本資料は下記の 3 編から構成され、詳細については目次を参照されたい。

### 第 1 編 合成開口レーダ (SAR) 画像に関する基本事項

SAR による観測および SAR 画像の特徴や利用上の留意事項等の基本事項について解説する。

### 第 2 編 SAR 画像による土砂災害判読調査手法の解説

SAR 画像を用いた土砂災害を判読する手順について解説する。

### 第 3 編 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査の適用結果

強度差分 SAR 画像を用いた土砂災害の判読調査について実災害に適用した結果を示す。

なお、本資料と「災害時の人工衛星活用ガイドブック 土砂災害版」(JAXA 衛星利用運用センター、国土交通省水管理・国土保全局砂防部砂防計画課)と併せて利用することで、より効果的な SAR 画像による土砂災害判読調査の実現が期待される。

# 合成開口レーダ（SAR）画像による土砂災害判読の手引き

## 目 次

第1編 合成開口レーダ（SAR）画像に関する基本事項 .....	1
1. 合成開口レーダ（SAR） .....	1
1. 1 SAR の観測原理 .....	1
1. 2 SAR の特徴 .....	3
1. 3 波長（バンド） .....	4
1. 4 散乱特性 .....	5
1. 5 偏波特性 .....	7
2. SAR 画像 .....	8
2. 1 SAR 画像の生成 .....	8
2. 2 SAR 画像の特徴 .....	9
2. 3 SAR 画像の留意点 .....	10
2. 4 SAR 画像の分解能 .....	13
2. 5 SAR 画像の解析と種類 .....	14
3. 土砂災害判読調査への SAR 画像の活用 .....	17
3. 1 土砂災害判読調査に適した SAR 画像の観測条件 .....	17
3. 2 SAR 画像を土砂災害判読調査に活用する際の留意点 .....	18
第2編 SAR 画像による土砂災害判読調査手法の解説 .....	20
1. SAR 画像による土砂災害判読調査手法の選択 .....	20
1. 1 入手可能な SAR 画像の条件に応じた選択 .....	20
1. 2 判読調査の対象となる土砂災害規模に応じた選択 .....	21

2. 2 偏波 SAR 画像による土砂災害判読調査 .....	22
3. 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査 .....	23
3. 1 強度差分 SAR 画像の生成 .....	23
3. 2 強度差分 SAR 画像の解釈 .....	24
3. 3 強度差分 SAR 画像の表示と見方 .....	26
3. 4 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査のフロー .....	27
3. 5 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査のチェックリスト .....	30
4. SAR 画像による土砂災害判読調査の応用 .....	33
4. 1 効率的な判読調査方法 .....	33
4. 2 結果の信頼性を高める判読調査方法 .....	35
5. 1 人為的改変による影響 .....	36
5. 2 マイクロ波の照射方向に対する斜面向き .....	38
<b>第 3 編 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査の適用結果 .....</b>	<b>40</b>
1. 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査の所要時間 .....	40
2. 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査の精度 .....	41
2. 1 精度の検証条件 .....	41
2. 2 精度の検証結果 .....	43
参考文献 .....	46
本文中の SAR 画像の諸元 .....	47
参考資料 1. 各災害の強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査の所要時間 ..	48
参考資料 2. 各災害の強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査の精度 .....	56
参考資料 3. 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査のチェックリスト ..	61

# 第1編 合成開口レーダ（SAR）画像に関する基本事項

## 1. 合成開口レーダ（SAR）

### 1.1 SARの観測原理

衛星に搭載された「合成開口レーダ：Synthetic Aperture Radar」は、衛星の進行方向を（アジマス方向）に対して直角方向（レンジ方向）に斜め下方へマイクロ波を照射する（図-1.1.1）。

衛星の鉛直直下と衛星のマイクロ波照射方向のなす角度を「オフナディア角」と呼び、対象物の天頂方向から見た衛星のマイクロ波照射方向のなす角度が「入射角」である（図-1.1.1）。観測時のオフナディア角を可変とする衛星が多く、傾斜地においては図-1.1.2に示すように斜面の法線とマイクロ波照射方向のなす角度を「局所入射角」と呼ぶ。なお、平地においても地球が球体であるためオフナディア角<入射角の関係が成り立つ。

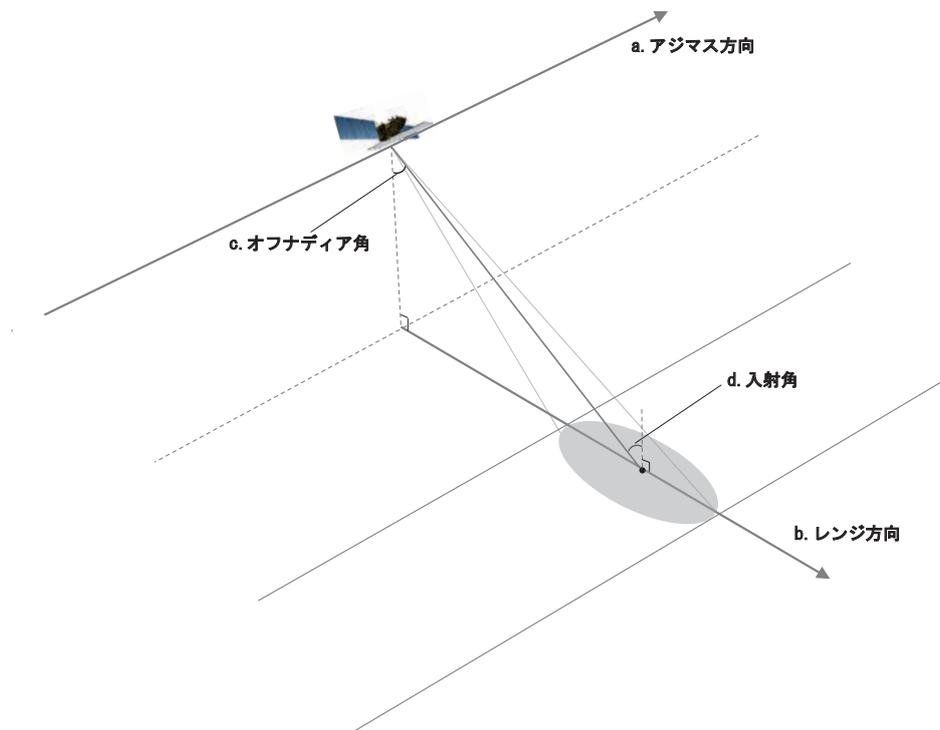


図-1.1.1 SAR観測に関する用語と概念図

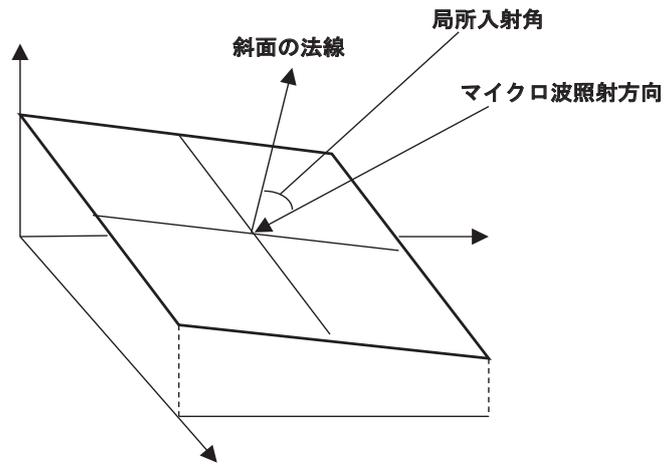


図-1.1.2 局所入射角

合成開口技術は衛星等の安定した高速飛行を利用した連続観測を行うことで、アンテナの物理的長さ（実開口長（ $D_r$ ））よりも長い仮想アンテナ（合成開口長（ $D_s$ ））で観測した結果と同等の効果を実現する（図-1.1.3）。また、理論上はSARのアジマス空間分解能は実開口長（ $D_r$ ）の半分の値となり、高分解能な観測データを取得することができる。

また、SARは画像レーダであり、観測対象を画像化（イメージング生成）するセンサである。

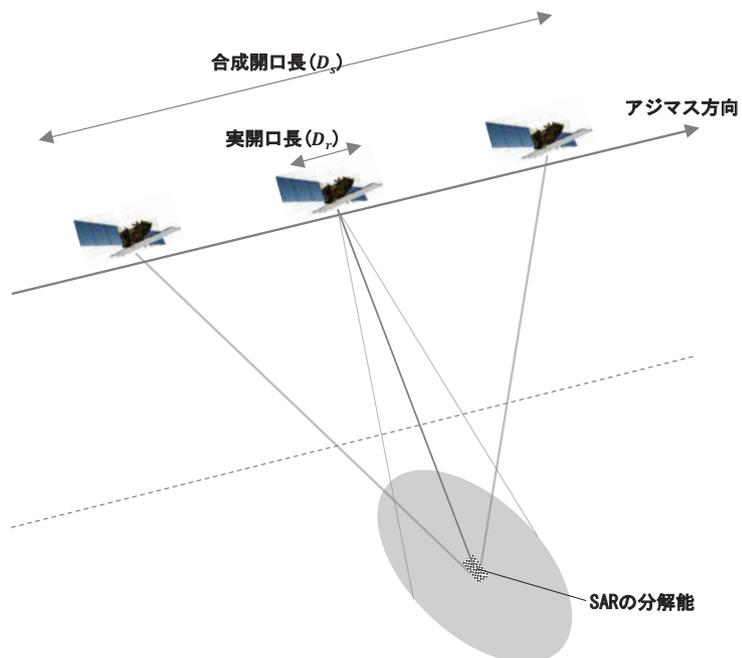


図-1.1.3 合成開口技術の原理

## 1. 2 SAR の特徴

SAR による観測は、レーダのアンテナ自体からマイクロ波を観測対象物に向けて照射し、観測対象物によって散乱した電磁波エネルギーをアンテナで受信する能動型センサ (active sensor) である。太陽から放射された電磁波エネルギーを利用する受動型センサ (passive sensor) ではないため昼夜の別なく観測ができる。また、SAR は雲や雨等の大気中にある粒子の大きさよりも長い波長のマイクロ波 (図-1.1.4) を照射するため被雲等の影響を受けづらい。

このように SAR は「全天候性」という特長があり、時間帯や気象状況に依存することなく観測することができる利点がある。

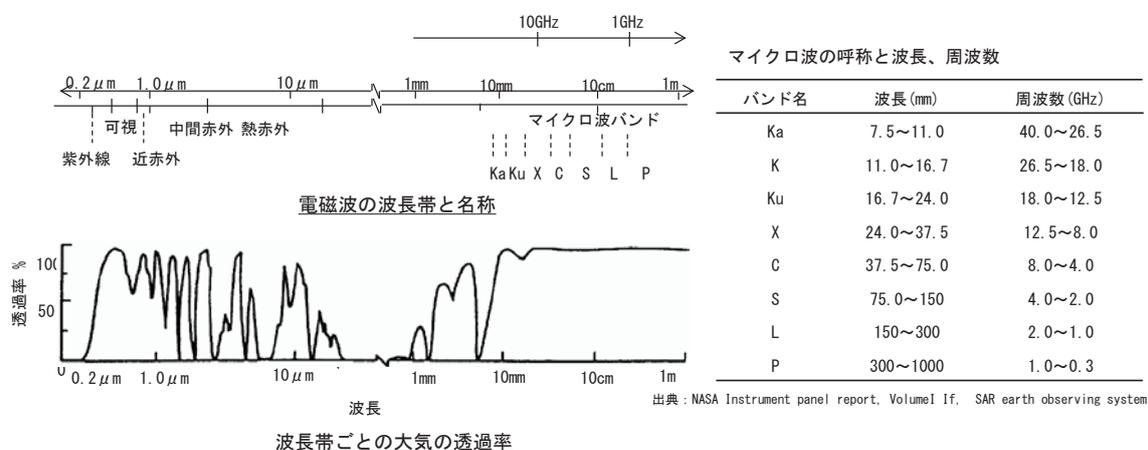


図-1.1.4 マイクロ波と大気・雲・雨の関係

出典: リモートセンシング技術研修テキスト 「マイクロ波リモートセンシング」

1. マイクロ波の特徴 マイクロ波と大気・雲・雨の関係 (RESTEC 製作・編集) より

### 1. 3 波長 (バンド)

SARは電磁波の中でもマイクロ波(波長が約0.1~100cm)が使われる。波長に応じて図-1.1.5に示すバンド名称に細分類されている。

Xバンドのような比較的波長が短いマイクロ波は草地や樹冠、樹木の葉表面で散乱が発生する。一方で、Lバンドのように波長が長い場合は草地や樹冠を透過し、樹幹や地表面で散乱が発生する。波長による散乱特性の違いについては「第1編1.4散乱特性」で述べる。

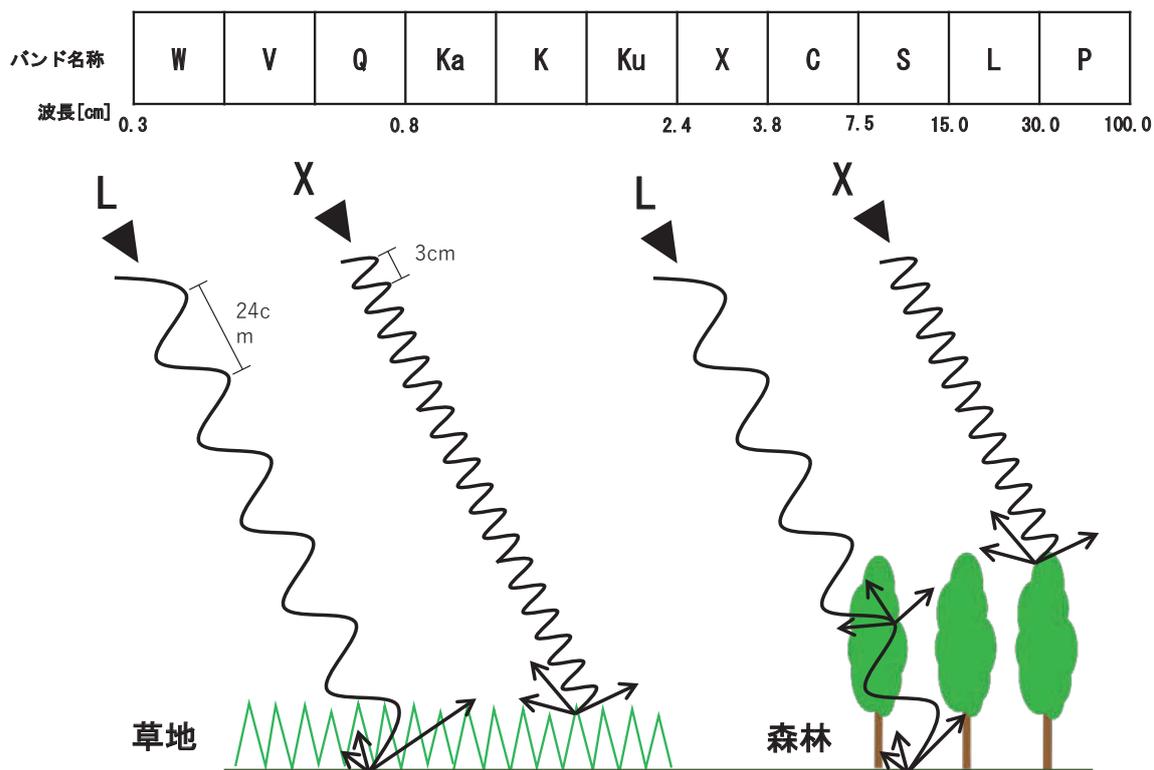


図-1.1.5 バンド名称と波長の分類と特徴

## 1. 4 散乱特性

照射されたマイクロ波が地表面等で散乱した後に、照射方向側に戻るマイクロ波の強さを「後方散乱強度」と呼び、SAR 観測データには「後方散乱係数」として記録されている。後方散乱係数は散乱面の粗さに応じた入射角依存性がある。

後方散乱係数については以下のとおりである。

送信電力を $P_t$ 、波長を $\lambda$ 、アンテナからの距離を $R$ 、アンテナ・ゲインを $G$ 、レーダ断面積を $\sigma$ とすると、SAR は単一アンテナによる電波の送受信を行うためモノスタティック・レーダー方程式が適用されて、受信電力を $P_r$ は式-1.1.1 で表される。

$$P_r = \frac{P_t G^2 \lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} \sigma \quad \text{式-1.1.1}$$

後方散乱係数 ( $\sigma^0$ ) は散乱面の単位面積 ( $A$ ) あたりのレーダ断面積 ( $\sigma$ ) であるため、式-1.1.2 で表される。

$$\sigma^0 = \frac{P_r (4\pi)^3 R^4}{P_t G^2 \lambda^2 A} \quad \text{式-1.1.2}$$

### 1.4.1 表面散乱

SAR から照射されたマイクロ波が地表などの境界面で散乱することを「表面散乱」という。表面散乱は境界面の粗さの影響を受ける。滑らかな表面に対してはマイクロ波の照射方向と反対側への散乱（前方散乱）が大きくなり、粗い境界面に対してはマイクロ波の照射方向側への散乱（後方散乱）が大きくなる特性がある（図-1.1.6）。

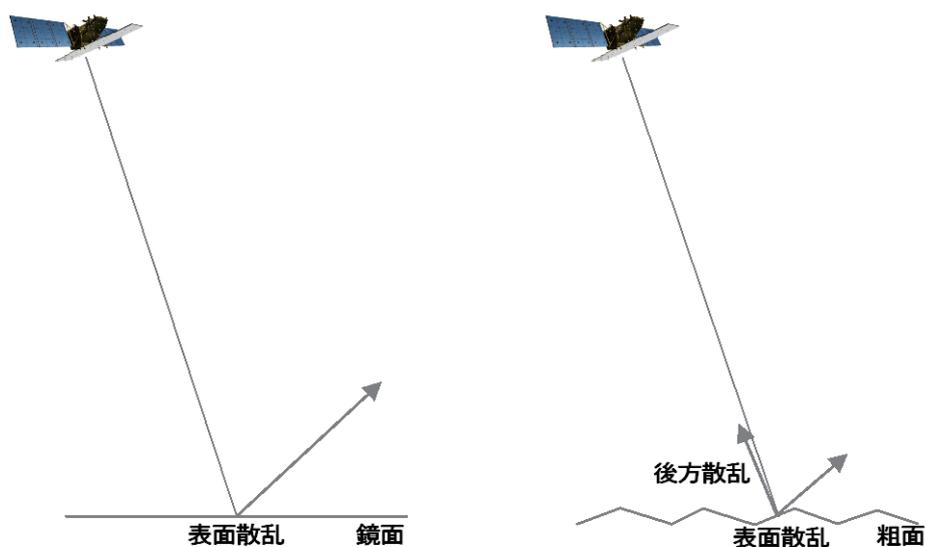


図-1.1.6 表面散乱の概念図

#### 1.4.2 体積散乱

SAR から照射されたマイクロ波が境界部を透過して進入し、内部の誘電率の不均一性によって散乱が生じることを「体積散乱」という。マイクロ波が内部に侵入して発生する現象であるため、波長が長いマイクロ波を扱う場合で、表面散乱が生じづらい誘電率の低い滑らかな境界面を持つ対象を観測する場合に留意する必要がある。

Lバンドの場合には森林内部における体積散乱が典型例であり、樹木内部での体積散乱と地表面での表面散乱を同時に考慮する必要がある（図-1.1.7左）。

#### 1.4.3 二重散乱

図-1.1.7右に示すように、表面散乱した後に再度散乱が生じて、後方散乱が大きくなる「二重散乱」という現象がある。建物や構造物などに対してマイクロ波の照射方向が正対する場合などに強く発生することがある。

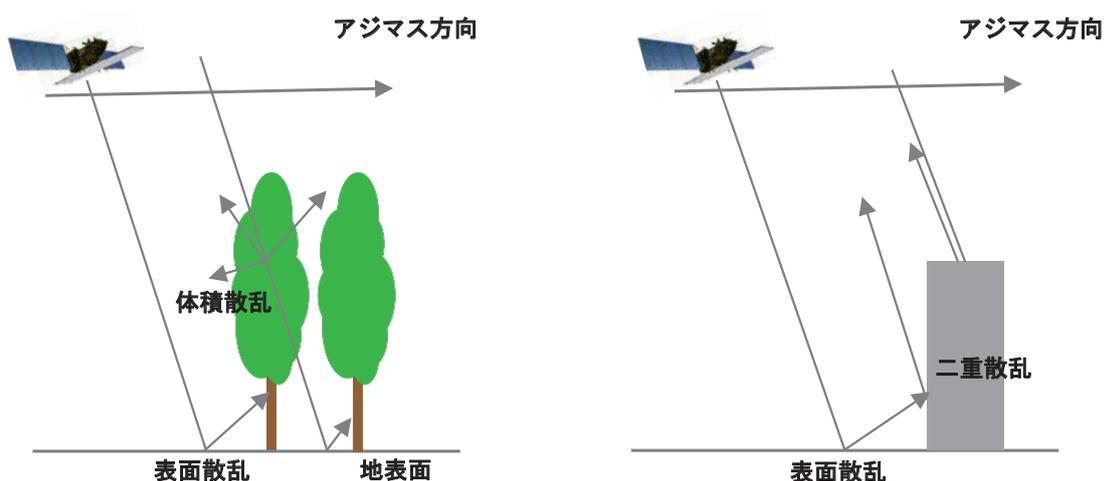


図-1.1.7 体積散乱と二重散乱の概念図

## 1. 5 偏波特性

電磁波は電界の方向を含む面（偏波面）により水平偏波（振幅が進行方向に対して水平の面をもつ：H）と垂直偏波（振幅が進行方向に対して垂直の面をもつ：V）に分類され（図-1.1.8）、送受信の組合せでHH、HV、VH、VVと表現される（1文字目：照射、2文字目：受信）。

電磁波は対象の幾何学的形状によって、反射や散乱する際に偏波の状態が変化する場合がある。マイクロ波を使用するSARの場合、水平偏波と垂直偏波で生成された画像が異なる特徴がある。

森林のような立体構造がある対象について水平偏波（H）を照射した場合、一部が回転して垂直偏波（V）として反射し、垂直偏波（V）を照射した場合も一部が水平偏波（H）として反射する性質がある。HHおよびVVを「ライク偏波」と呼び、この偏波特性によって森林等の体積散乱が卓越する観測対象に対しては後方散乱が小さくなる。一方で、HVおよびVHを「クロス偏波」と呼び、森林等に対しては後方散乱が大きくなる。

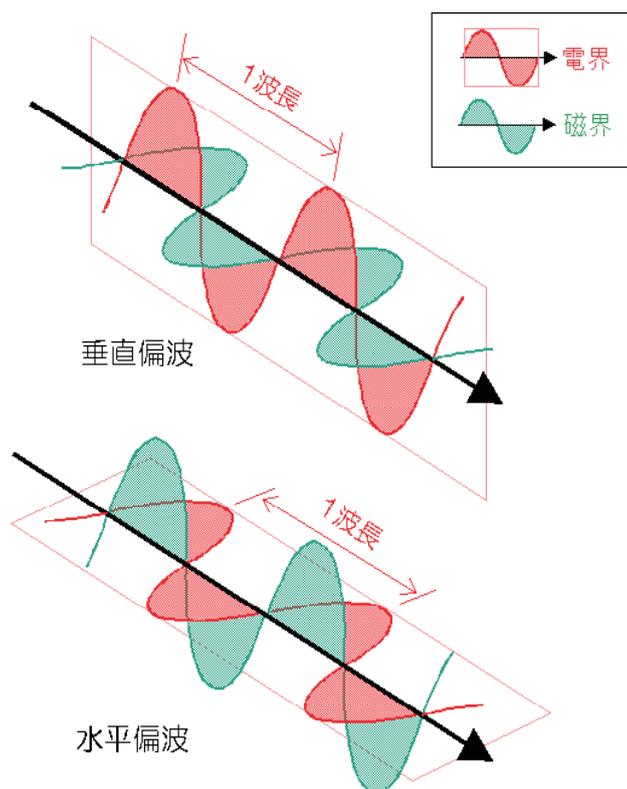


図-1.1.8 水平偏波、垂直偏波の概念図

出典：リモートセンシング技術研修テキスト「マイクロ波リモートセンシング」

3-2. SAR 画像の特徴 ポラリメトリ（RESTEC 製作・編集）より

## 2. SAR 画像

### 2. 1 SAR 画像の生成

SAR によって観測された地表の各点における後方散乱強度に応じた濃淡レベルを各画素として可視化したデータが「SAR 画像」である。ある偏波についての後方散乱強度を示した SAR 画像を「単偏波 SAR 画像」という。

図-1.2.1 は単偏波 SAR 画像である。単偏波 SAR 画像からは馬蹄形を呈した滑落崖のような地形的特徴を確認することができる。また、滑落崖直下の南北方向に流れる河道内には後方散乱が強いことを意味する淡い色が支配的であり、土砂が堆積している可能性がある。さらに、崩積土の上流側（北側）には湛水域と考えられる後方散乱が著しく低い濃い色で示された範囲を僅かながら確認することができ、河道閉塞による天然ダムが形成されている状況を推察することができる。

以上のように、空間分解能が高い単偏波 SAR 画像を用いた地形判読によって平面投影面積が概ね 10,000m<sup>2</sup>以上の大規模斜面崩壊等に起因した河道閉塞箇所を抽出できる場合が多い。詳細については国総研資料第 760 号を参照されたい。

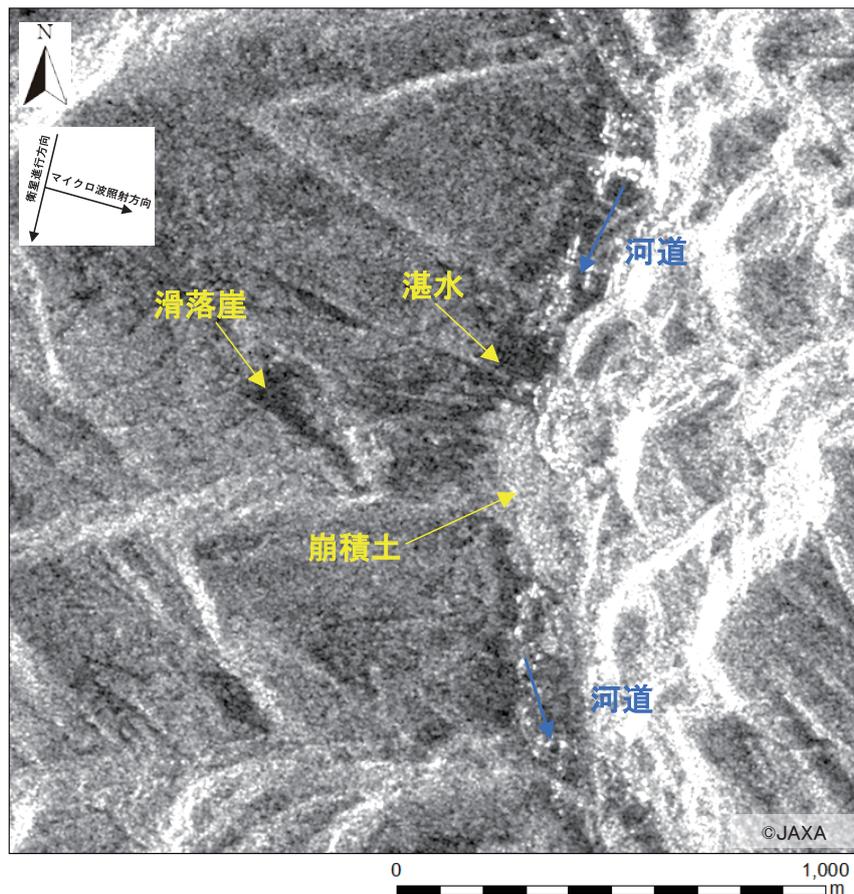


図-1.2.1 単偏波 SAR 画像の例 (大分県日田市)

## 2. 2 SAR 画像の特徴

「第1編 1. 1 SAR の観測原理」で前述した要因によって、SAR 画像は歪みのある（地形が倒れ込むように投影）鳥瞰図のような見え方となる。また、SAR 画像で可視化される後方散乱強度は散乱面となる土地被覆やそのテクスチャに対応した濃淡で示されるため、観測対象物の直感的な解釈が難しい。図-1.2.2 の単偏波 SAR 画像において、祖谷川の屈曲部は顕著に歪み、森林と農地等を区別することは困難である。

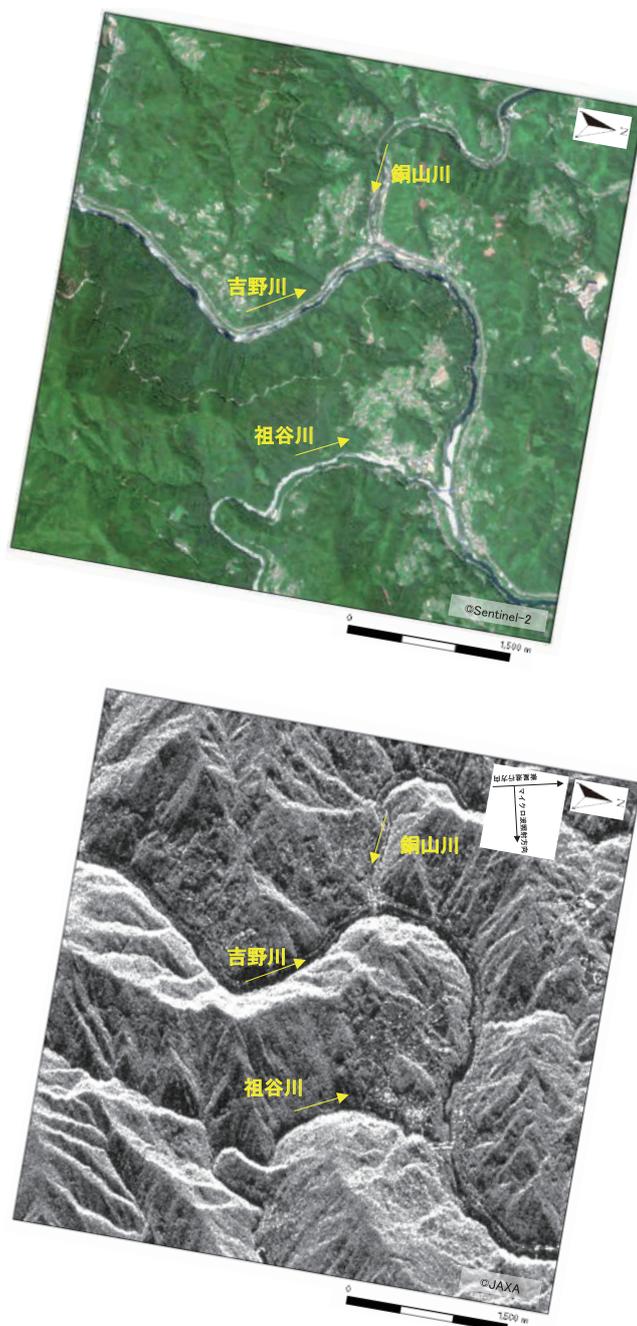


図-1.2.2 光学画像（上）と単偏波 SAR 画像（下）の見え方の違い（徳島県三好市）

## 2. 3 SAR 画像の留意点

「第1編 1. 1 SAR の観測原理」で前述したマイクロ波の照射方向が斜め下方であることと地形との幾何学的な関係によって、SAR 画像内には歪みの発生やそれに起因した不可視範囲が発生することがある。この影響は「ジオメトリック画像変調」と総称され、以下の3点について解説する。

### 2. 3. 1 フォアショートニング

SAR における観測対象物の画像上での位置はマイクロ波の送受信に所要する往復時間で決定する。観測対象物に高さがある場合はマイクロ波の送受信時間が短くなる分だけ手前側に投影され、SAR 画像上の標高を持つ対象物はマイクロ波の照射方向側に倒れ込んだように見える。この現象を「フォアショートニング」という。

図-1. 2. 3 に示した富士山を事例に解説すると、標高が高い山頂を示す点  $A$  は実際よりもマイクロ波照射方向側（西側）の点  $A'$  の位置まで倒れ込むように投影される。一方で、標高が低い場所はフォアショートニングの影響が小さく、実際の位置点  $B$  と点投影位置  $B'$  はほとんど変わらない。

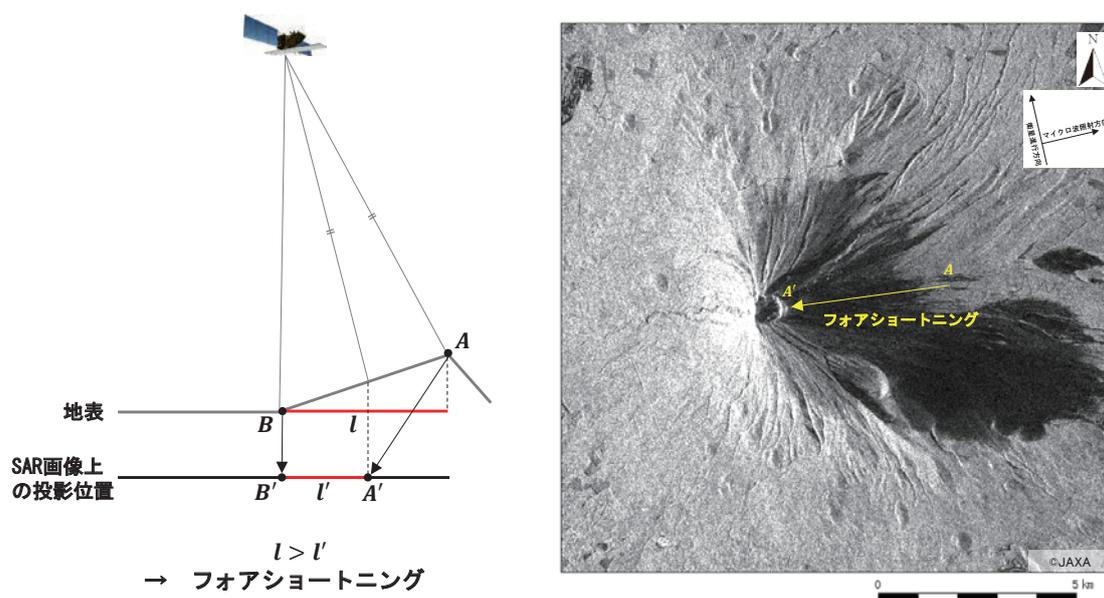


図-1. 2. 3 フォアショートニングの模式図と単偏波 SAR 画像による事例（富士山周辺）

### 2.3.2 レイオーバ

斜面の傾斜度が大きくなると、フォアショートニングの効果が大きくなって斜面の上端と下端の位置関係が逆転して投影される場合がある。この現象を「レイオーバ」と呼ぶ。

図-1.2.4に示した富士山を事例に解説すると、富士山山頂の点Aは西側に大きくフォアショートニングが発生し、西側斜面の点Bに覆うように投影されて西側斜面（区間AB-BC）が広く不可視範囲となる。また、レイオーバが発生する西側斜面は散乱が密になっているため、SAR画像上では大きな後方散乱強度があるかのように顕著な淡い色で表示されることが特徴的である。

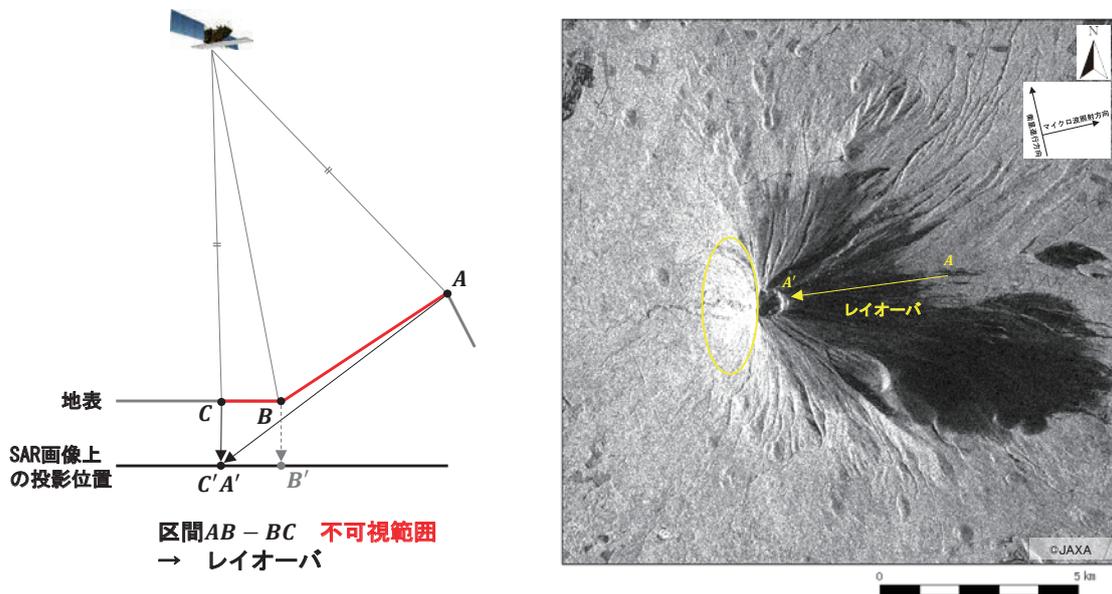


図-1.2.4 レイオーバの模式図と単偏波 SAR 画像による事例（富士山周辺）

### 2.3.3 レーダーシャドウ

斜面の陰となってマイクロ波が照射されない場所では散乱が一切発生せず、SAR画像上では陰影効果が生じたように投影される。これを「レーダーシャドウ」と呼び、この範囲は不可視である。オフナディア角が大きくなると、レーダーシャドウが発生する範囲も拡大する。

図-1.2.5 に示した富士山を事例に解説すると、富士山の山頂Aから東側斜面はマイクロ波が地表面まで届かず、レーダーシャドウが生じる。レーダーシャドウ部は散乱するマイクロ波がないため、SAR画像上では後方散乱が著しく低い濃い色で示される。水面等の滑らかな平地部で発生する表面散乱と視認性が類似するため、その識別には留意する必要がある。

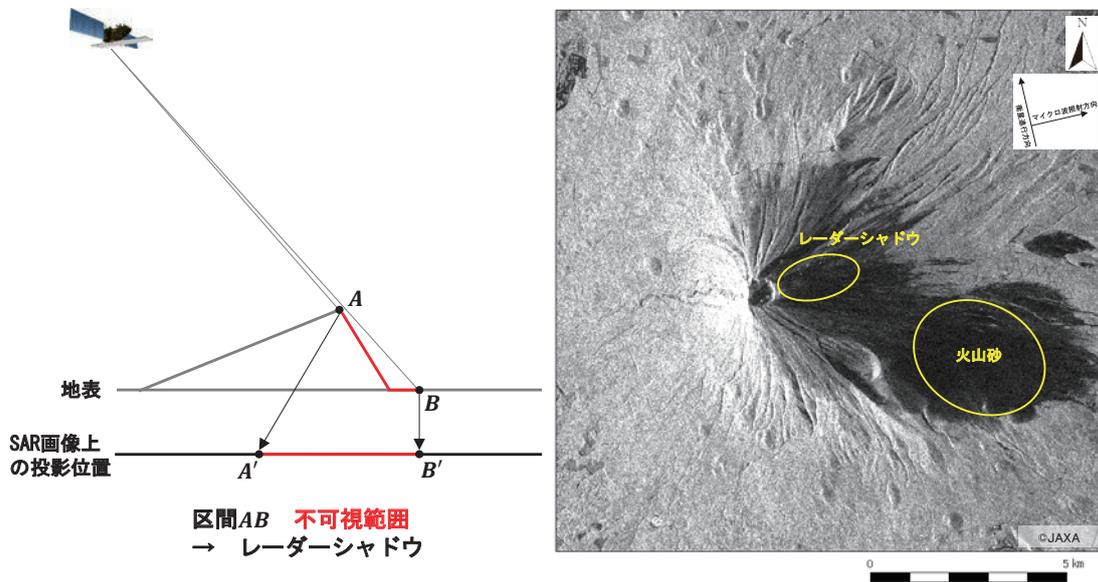


図-1.2.5 レイオーバの模式図と単偏波 SAR 画像による事例 (富士山周辺)

## 2. 4 SAR 画像の分解能

点 A と点 B の 2 点間距離が十分にある場合はそれぞれで散乱したマイクロ波を識別することができるが、点 A と点 B の位置関係が近づいていくと各散乱状況を識別できなくなる（図-1.2.6）。この識別できる限界の 2 点間距離が分解能と呼ばれる。

ただし、SAR 画像の分解能と判別できる観測対象の大きさは異なり、一般的に特定の対象を視認するためには分解能の 10～20 倍程度の規模が必要であると考えられている。

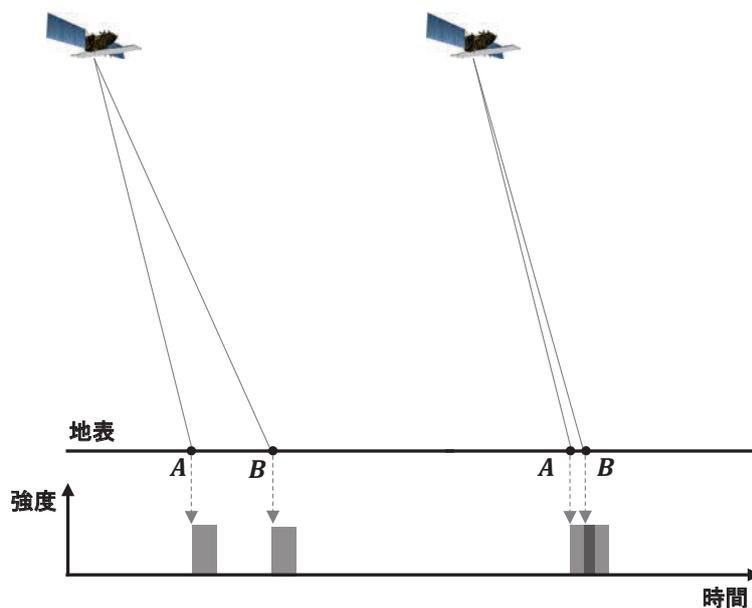


図-1.2.6 分解能の概念図

SAR 画像の分解能  $R$  [m] は式 1.2.1 で示され、理論上は入射角が大きくなるほど分解能が高くなる。

$$R = \frac{c}{2B \sin \theta} \quad \text{式-1.2.1}$$

$c$  [m/s] : マイクロ波の空気中での速度（光の速度）、 $B$  [Hz] : チャープ信号の帯域幅、 $\theta$  [°] : 入射角

## 2.5 SAR 画像の解析と種類

複数の偏波による SAR 画像を合成することや異なる時期に観測された SAR 画像を比較することで、地物や地表被覆の状況をより高度に判別できる SAR 画像が生成される。本資料では表-1.2.1 に示す 3 種類の SAR 画像を扱う。

表-1.2.1 本資料で扱う SAR 画像の種類と特徴

種類	特徴
単偏波 SAR 画像	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 1 時期における単偏波の後方散乱強度を可視化</li><li>・ 濃淡で表現される画像</li></ul>
2 偏波 SAR 画像	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 1 時期における各偏波の散乱特性の違いを可視化</li><li>・ 単偏波 SAR 画像より空間分解能が低下</li></ul>
強度差分 SAR 画像	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 異なる時期の単偏波の後方散乱強度変化を可視化</li><li>・ 観測時期以外が同一条件の単偏波 SAR 画像が必要</li></ul>

### 2.5.1 単偏波 SAR 画像

単偏波 SAR 画像はマイクロ波の散乱強度を表した基本となる濃淡画像である。HH の他に、HV、VV、VH という各偏波成分の単偏波 SAR 画像を生成することができる。なお、HH 偏波の単偏波 SAR 画像は図-1.2.1 で前示している。

単偏波 SAR 画像では、後方散乱の強度を示した濃淡からおおよその地形・地表被覆状況を把握することができる。特に、水域では後方散乱強度が著しく低くなる特徴があるため、天然ダム形成による河道域内の湛水域を判読することができる場合がある。

### 2.5.2 2 偏波 SAR 画像

2 偏波 SAR 画像は異なる 2 種類の偏波の散乱特性の異方性を可視化した画像である。ライク偏波の単偏波 SAR 画像とクロス偏波の単偏波 SAR 画像を RGB カラー合成処理することで作成することができる。

国総研資料第 791 号に従い、R (赤) : HH 偏波、G (緑) : HV 偏波、B (青) : HH 偏波で RGB カラー合成処理して作成した 2 偏波 SAR 画像図-1.2.7 を示す。森林域は緑色、森林がない裸地域は赤紫色で表現され、森林と崩壊地を含む裸地を画像色から識別することが可能となる。

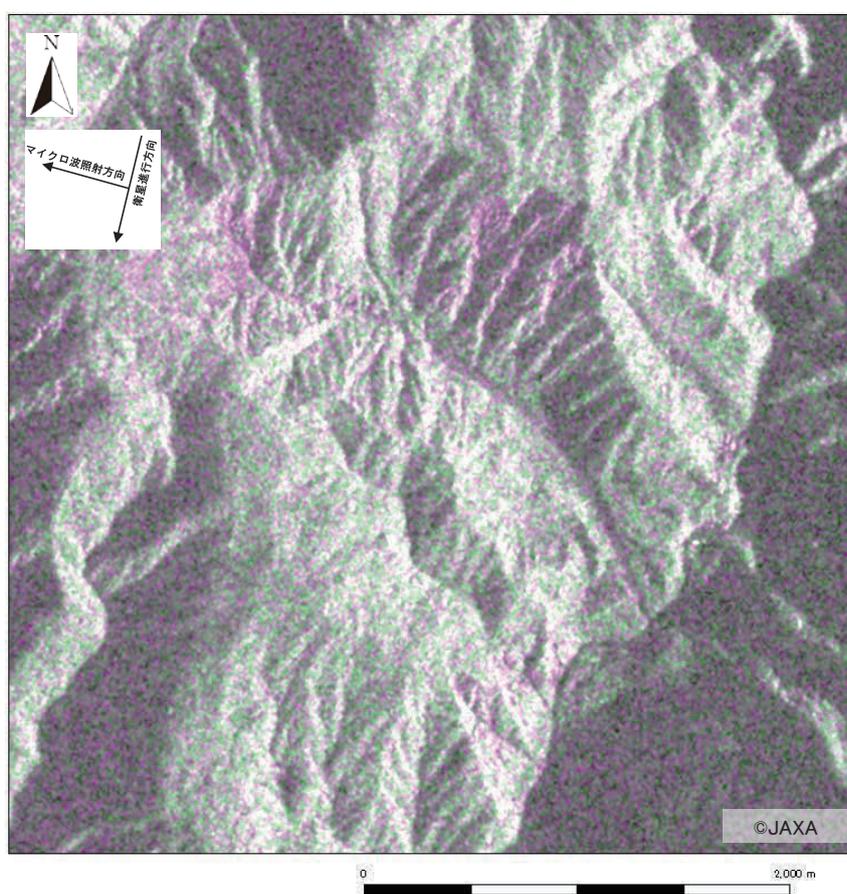


図-1.2.7 2 偏波 SAR 画像の例 (静岡県静岡市葵区)

### 2.5.3 強度差分 SAR 画像

強度差分 SAR 画像は異なる時期に観測された単偏波 SAR 画像間の後方散乱強度の変化を可視化した画像である。観測時期以外の観測条件が同一の2つの単偏波 SAR 画像を RGB カラー合成処理することで作成することができる。

本資料では、R (赤) : アーカイブ画像、G (緑) : 新規観測画像、B (青) : 新規観測画像を割り当てて強度差分 SAR 画像を作成する (図-1.2.8)。2 時期において後方散乱強度が低下したところは赤、後方散乱強度が増大した場所はシアン (水色に近い青緑色) で表現され、土砂災害発生状況を画像の色変化から識別することが可能となる。

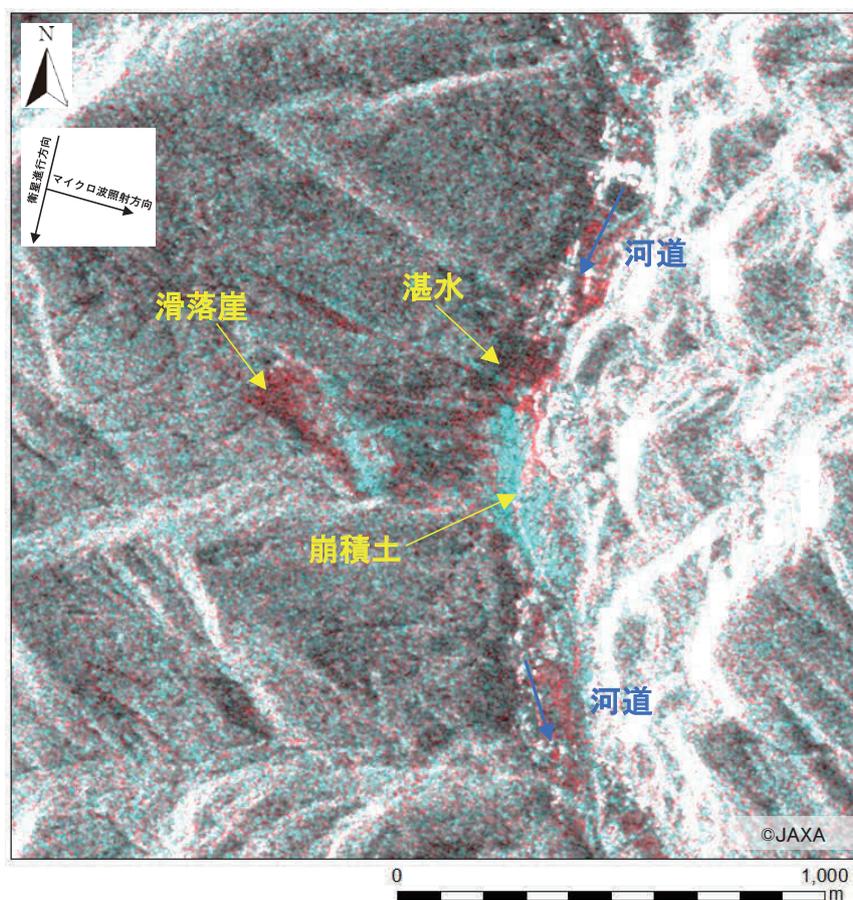


図-1.2.8 強度差分 SAR 画像の例 (大分県日田市)

### 3. 土砂災害判読調査への SAR 画像の活用

#### 3. 1 土砂災害判読調査に適した SAR 画像の観測条件

「第1編 2. 2 SAR 画像の特徴、2. 3 SAR 画像の留意点」で前述したとおり、SAR 画像は観測原理に由来した特徴的なゆがみや地形の倒れ込みによる不可視範囲が存在する。この不可視範囲は観測条件を考慮することで、その影響を一部軽減することができる。表-1. 3. 1 に土砂災害判読調査に適した SAR 画像の観測条件を示す。

表-1. 3. 1 土砂災害判読調査に適した SAR 画像の観測条件

観測条件	推奨値
オフナディア角	30° ～45° 程度
分解能	～3m 程度
波長 (バンド)	3～30cm 程度 (X・C・L)

オフナディア角が小さくなるとレイオーバの影響が大きくなり、オフナディア角が大きくなるとレーダーシャドウの影響が大きくなる。このため、土砂災害判読調査の対象となる山地地域においてはオフナディア角 30° ～45° 程度で観測された SAR 画像を用いることが適当である。

一般的に地物や地表被覆の判別が容易になることから、より分解能が高い SAR 画像を土砂災害判読調査に活用することが望ましい。本資料では分解能 3m 程度の SAR 画像を使用して確認した土砂災害判読調査手法について解説する。

土砂災害の発生を判別する際に、X～L バンドにおける視認性の差は小さい。そのため、本資料で解説する土砂災害判読調査手法は X～L バンドで観測された SAR 画像であれば活用できると想定する。

### 3. 2 SAR 画像を土砂災害判読調査に活用する際の留意点

#### 3.2.1 SAR 画像内の不可視範囲

「第1編 2. 3 SAR 画像の留意点」で前述したとおり、SAR 画像は地形の倒れ込み等が発生することによって不可視範囲が存在する。土砂災害判読調査の対象となる山地地域においては、この影響がより顕著に表れる。

図-1. 3. 1 は土砂災害発生状況と強度差分 SAR 画像の視認性を対比させている。このように、SAR 画像による土砂災害判読調査では崩壊地を判読できない範囲があることに留意してマイクロ波の照射方向と斜面の向きを意識した判読調査結果の取り扱いが必要である。

なお、この不可視範囲は「第1編 2. 5 SAR 画像の解析と種類」で述べた SAR 画像の種類に問わず生じる。

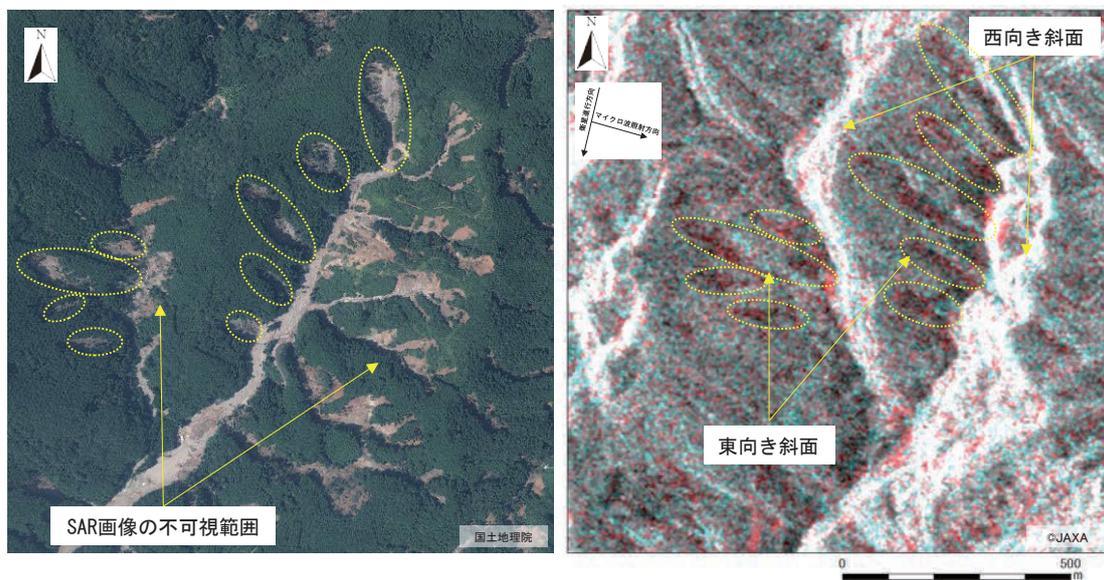


図-1. 3. 1 SAR 画像における不可視範囲の一例 (福岡県朝倉市)

### 3.2.2 SAR 画像による地物識別における課題

山地地域を対象に土砂災害判読調査を実施する場合、SAR 画像から得られた偏波の特性や後方散乱強度の変化の中には土砂災害の発生と類似した様相を呈する場所があり、見誤って判読する可能性がある。

2 偏波 SAR 画像では伐採地や既崩壊地などの裸地との識別が困難であり（図-1.3.2）、強度差分 SAR 画像では 2 時期における人工改変（森林伐採・地形改変など）や季節変化（農地の湛水など）に留意する必要がある（図-1.3.3）。強度差分 SAR 画像の変化に対する解釈については第 2 編で詳述する。

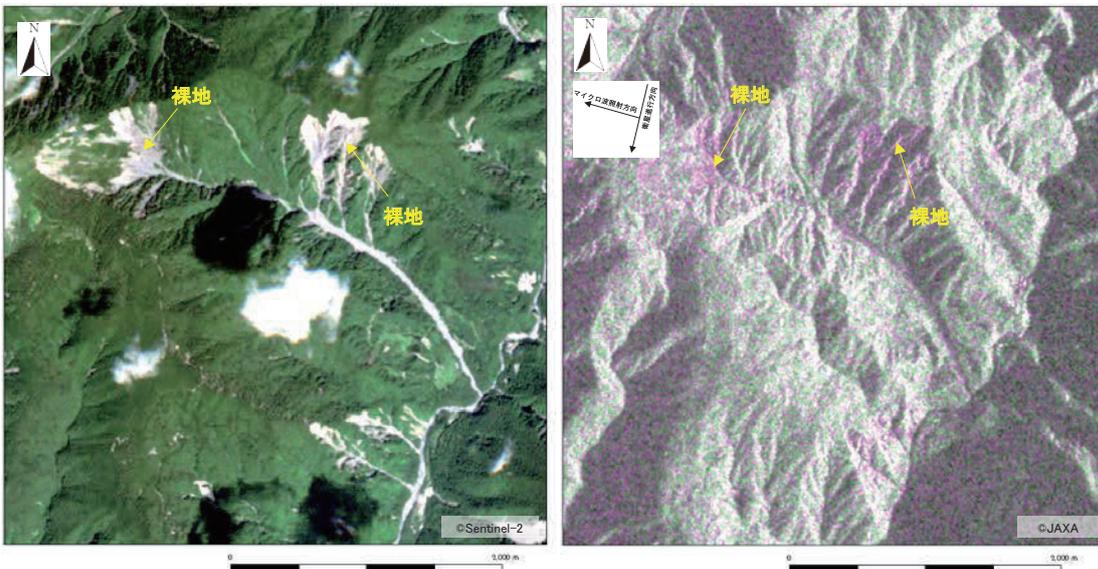


図-1.3.2 2 偏波 SAR 画像における裸地の様子（静岡県静岡市葵区）

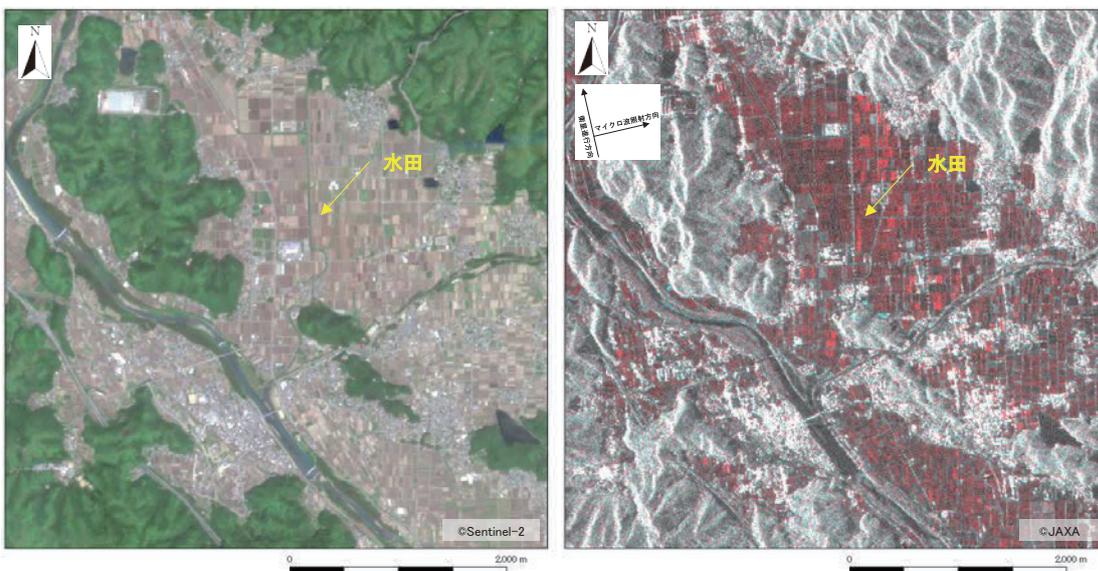


図-1.3.3 強度差分 SAR 画像における水田の様子（京都府南丹市）

## 第2編 SAR 画像による土砂災害判読調査手法の解説

### 1. SAR 画像による土砂災害判読調査手法の選択

#### 1.1 入手可能な SAR 画像の条件に応じた選択

SAR 画像による土砂災害判読調査の手法を選択する場合、入手可能な単偏波 SAR 画像の観測条件等に応じて 2 偏波 SAR 画像と強度差分 SAR 画像のいずれを用いるか判断する。この SAR 画像選択のフローを図-2.1.1 に示す。

まず、土砂災害判読調査を実施する範囲を選定する。次に、調査範囲が含まれる SAR の観測実績を検索し、アーカイブと同じ観測条件で新規に観測することが可能か確認する。

可能な場合、同一の観測条件で観測要求を行い、アーカイブと新規観測による単偏波 SAR 画像を入手する。これらを使用して強度差分 SAR 画像を生成して土砂災害判読調査を実施する。

アーカイブと同じ観測条件で新規観測が行えない場合には、2 偏波による観測を要求し、その SAR データを取得する。2 偏波の SAR 観測データから 2 偏波 SAR 画像を生成して土砂災害判読調査を実施する。

なお、アーカイブの検索や観測要求は対象 SAR の運用者・データ取扱者等に確認する必要がある。

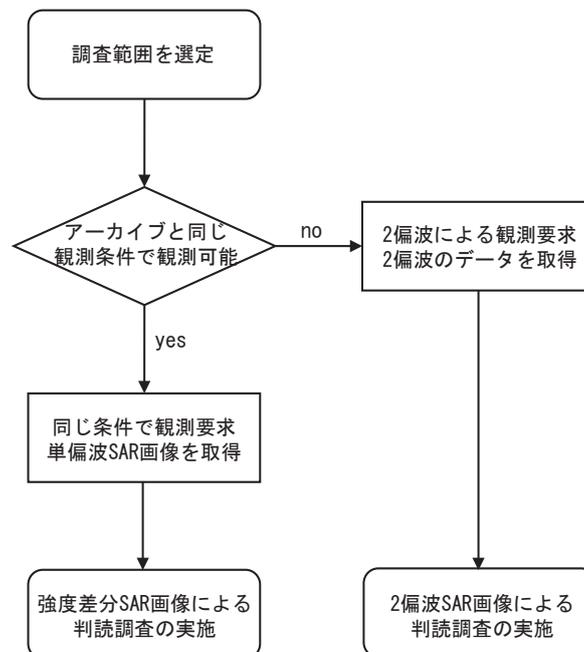


図-2.1.1 入手可能な SAR 画像の条件に応じた土砂災害判読調査手法の選択フロー

## 1. 2 判読調査の対象となる土砂災害規模に応じた選択

判読調査の対象となる土砂災害規模に応じて選択することが可能である（表-2.1.1）。

国総研資料第 791 号によると、2 偏波 SAR 画像は概ね 10,000m<sup>2</sup>以上の大規模な崩壊および河道閉塞の判読については適用可能と考えられている。強度差分 SAR 画像は 10,000m<sup>2</sup>以上の大規模な崩壊および河道閉塞については高確度に、2,000m<sup>2</sup>以上の比較的小規模な崩壊についても 7 割程度は検出できる結果が得られている（第 3 編に詳述）。高密度に表層崩壊等が発生した際にその範囲や外縁を特定する程度の精度であれば十分に適用可能である。

したがって、「第 2 編 1. 1 入手可能な SAR 画像の条件に応じた選択」で示す条件を満たす場合は、強度差分 SAR 画像による判読調査が推奨される。

表-2.1.1 本資料で扱う SAR 画像の種類

SAR 画像による土砂災害判読調査手法	大規模な崩壊 河道閉塞	小規模な崩壊
2 偏波 SAR 画像による判読調査	○ (適用可能)	× (適用不可)
強度差分 SAR 画像による判読調査	○ (約 8 割を検出)	○ (過半数は検出可能)

※大規模：正射面積 10,000m<sup>2</sup>以上、小規模：正射面積 2,000m<sup>2</sup>以上、

※不可視範囲は検証に含めない

## 2. 2 偏波 SAR 画像による土砂災害判読調査

空間分解能が高い 2 偏波 SAR 画像を用いた判読によって大規模な斜面崩壊やそれに起因した河道閉塞箇所を抽出できる場合がある。詳細は国総研資料第 791 号を参照されたい。

### 3. 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査

強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査について、平成 30 年北海道胆振東部地震の事例を使って解説する。なお、以降の土砂災害判読調査は GIS ソフトウェアや画像処理ソフトウェアに備わる標準的機能の活用を前提とする。

#### 3. 1 強度差分 SAR 画像の生成

強度差分 SAR 画像は第 1 編で前述したとおり、災害前と災害後のそれぞれで観測された単偏波 SAR 画像を用意し、その後方散乱強度の変化を可視化する。地震発生前（平成 30 年 8 月 23 日）に観測された単偏波 SAR 画像（アーカイブ）と地震発生直後（平成 30 年 9 月 6 日）に新規観測された単偏波 SAR 画像の 2 種類を取得した。これらの画像を R（赤）：平成 30 年 8 月 23 日、G（緑）：平成 30 年 9 月 6 日、B（青）：平成 30 年 9 月 6 日と割り当て、RGB カラー合成処理によって強度差分 SAR 画像を生成する（図-2.3.1）。

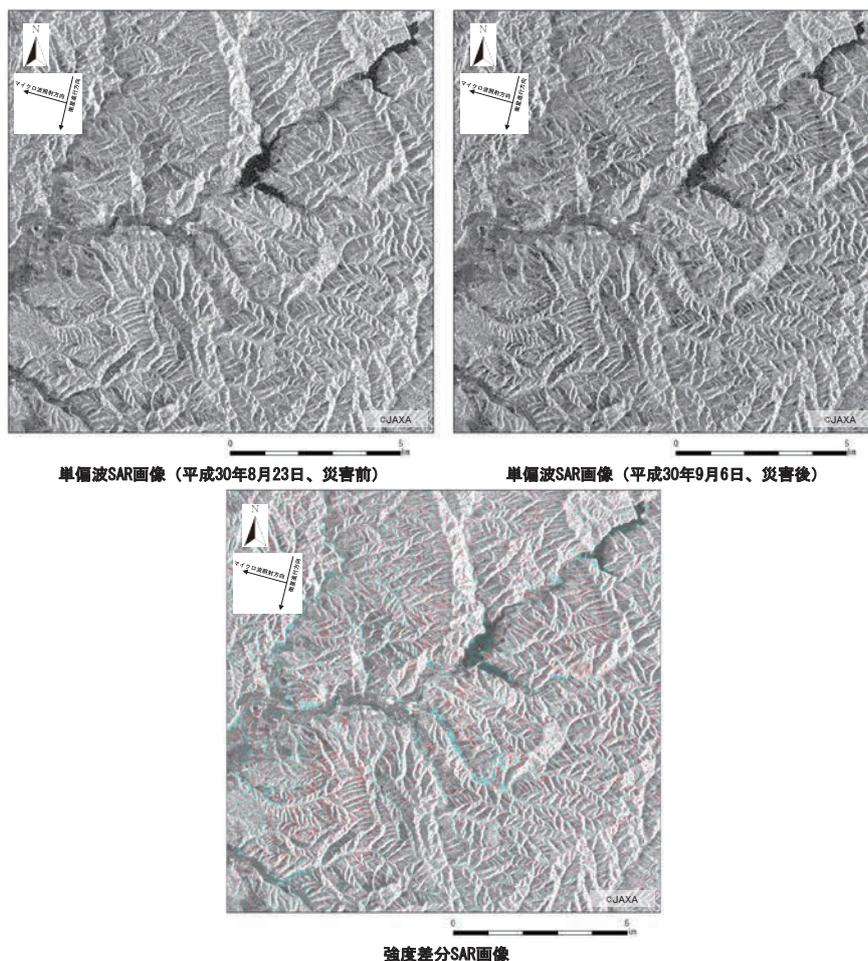


図-2.3.1 強度差分 SAR 画像の生成 (北海道厚真町・むかわ町)

### 3. 2 強度差分 SAR 画像の解釈

土砂災害判読調査では災害前後における後方散乱強度の変化を示す強度差分 SAR 画像上の色変状から崩壊土砂の流入や斜面崩壊の蓋然性が高い場所を抽出する。強度差分 SAR 強度差分 SAR 画像上での色と後方散乱強度の変化の関係を表-2.3.1 に示す。

森林や農地などのように普段から後方散乱が大きい場所が災害前後で変化がない場合、強度差分 SAR 画像上では白で表示される。また、海面等の水域のような後方散乱が著しく小さい場所が災害前後で変化がない場合、強度差分 SAR 画像上では黒く表示される。図-2.3.2 に示すように災害発生によって水田などに土砂が流入すると、災害後に後方散乱強度が増加するため強度差分 SAR 画像上ではシアンで示され、斜面崩壊によって森林が流出した場所では、災害後に後方散乱強度が低下するため強度差分 SAR 画像上では赤で示される。

表-2.3.1 強度差分 SAR 画像上での色と後方散乱強度の変化

色	災害前後の後方散乱強度の変化	例
白	後方散乱強度があり、変化がない	森林、農地
黒	後方散乱強度が小さく、変化がない	海面、湖面
シアン	災害後に後方散乱強度が増加	土砂流出、漂流物
赤	災害後に後方散乱強度が低下	斜面崩壊、浸水・湛水

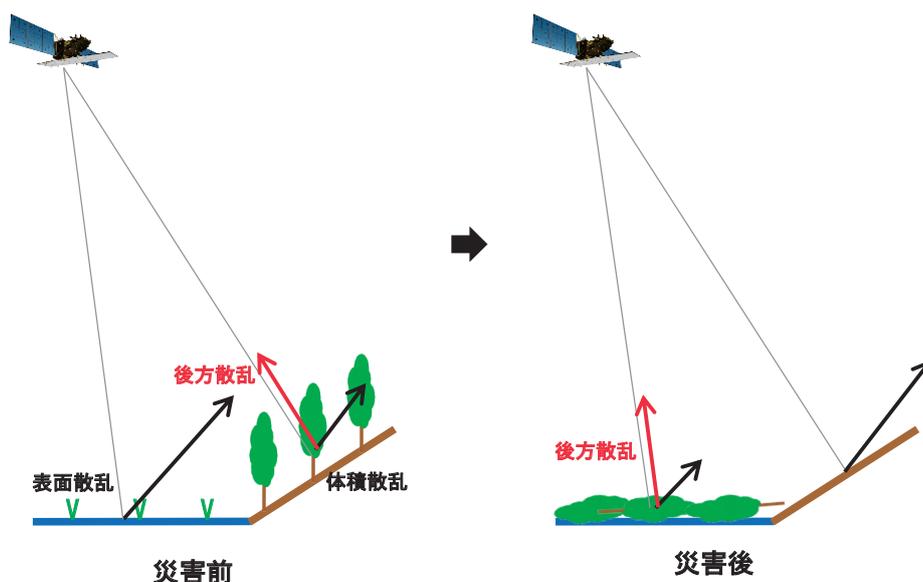


図-2.3.2 土砂災害発生による後方散乱強度の変化のイメージ

図-2.3.3 で強度差分 SAR 画像と光学画像を比較すると、強度差分 SAR 画像上の赤い範囲は光学画像上の崩壊地の位置と非常に良く対応している。斜面崩壊の発生によって森林等が失われて滑らかな崩壊面が露出した結果、災害前と比較して後方散乱強度が低下した状況が明瞭に表れている。また、強度差分 SAR 画像上で線状に現れているシアンの変状は光学画像の谷底平野部に該当している。農地等の滑らかな平地部の上に崩壊した土砂等が流出したことによって災害前と比べて後方散乱強度が増加した様子を示していると考えられる。

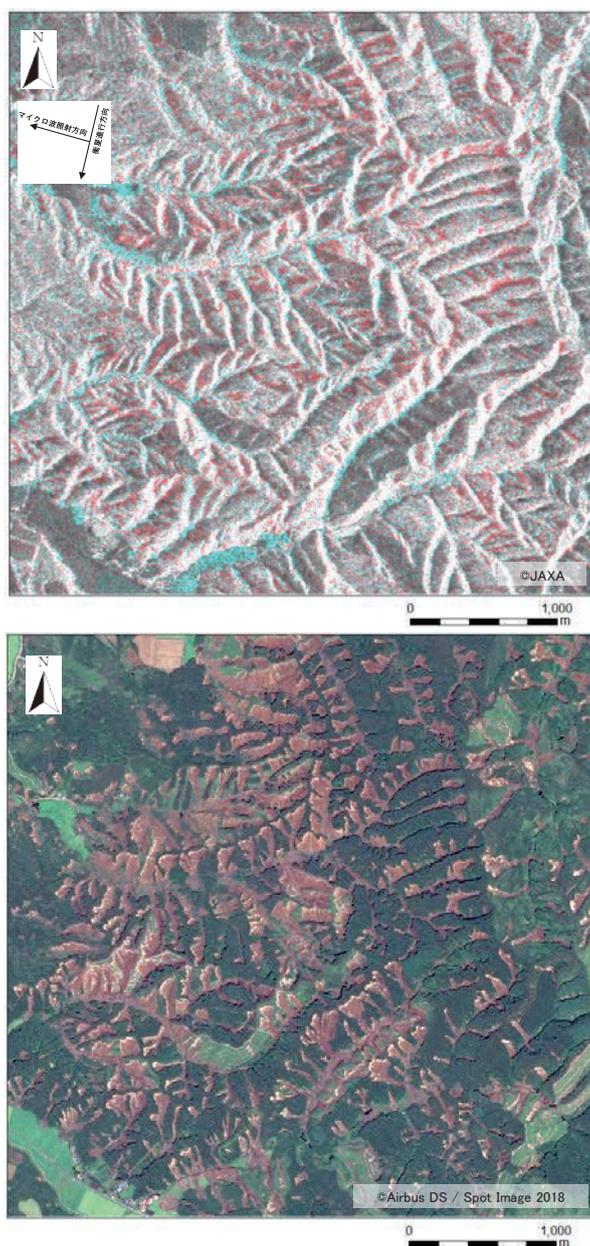


図-2.3.3 強度差分 SAR 画像（上）と光学画像（下）（北海道厚真町・むかわ町）

### 3. 3 強度差分 SAR 画像の表示と見方

土砂災害判読調査を進める際の強度差分 SAR 画像を表示は表-2. 3. 2 に示す縮尺が適切であると考えられる。

まず、1:50,000 程度の縮尺で表示し、強度差分 SAR 画像全体を俯瞰した概査を行う。概査では赤やシアン等の変状の有無を確認し、図-2. 3. 4 左に示すように詳細な判読を実施する範囲を設定する。

次に、1:25,000 程度の縮尺で表示して精査を行う。目安として谷ごとに変状の有無を確認し、谷出口や谷底平野などの平野部に土砂流出した場合に表れるシアンの範囲やその上流部の崩壊による裸地化した斜面に表れることがある赤い範囲の有無を確認する（図-2. 3. 4 中央）。平野部におけるシアンで示された変状から不可視範囲の斜面崩壊を推定するような現象の一連性を意識して判読することが望ましい。

最後に、1:10,000 程度の縮尺で強度差分 SAR 画像を表示し、斜面単位ごとに判定を実施する（図-2. 3. 4 右）。判定の方法については後述する方法を推奨する。

表-2. 3. 2 強度差分 SAR 画像を表示する際の縮尺の目安

調査段階	縮尺
概査 (画像全体の俯瞰)	1:50,000
精査 (谷単位の判読)	1:25,000
判定 (斜面単位の判読)	1:10,000

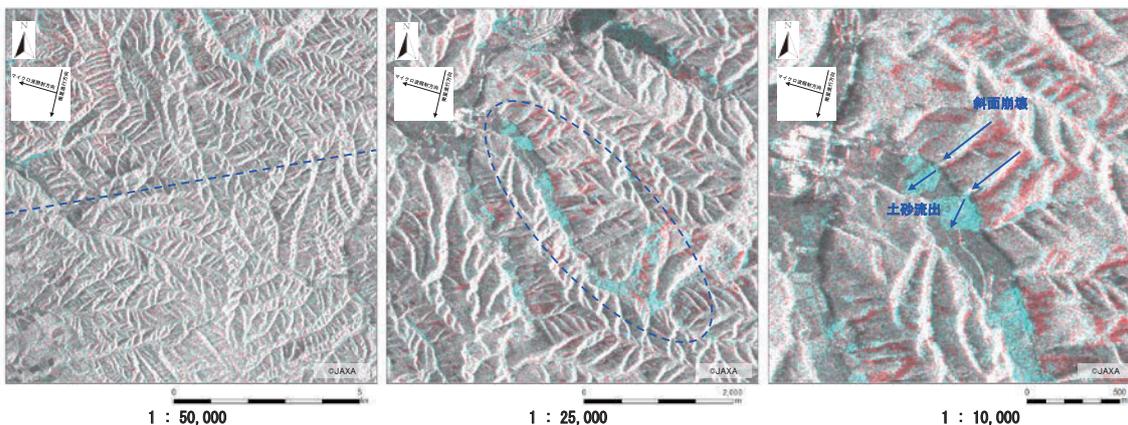


図-2. 3. 4 各縮尺表示した強度差分 SAR 画像とその見方 (北海道厚真町)

### 3. 4 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査のフロー

強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査は下記のステップ 1~3 の段階で進めることが望ましい。

ステップ 1 は、調査の速報性を重視して必要最低限の項目による判定を行う（図-2.3.5）。まず、強度差分 SAR 画像の斜面周辺における変状を確認し、赤または赤・シアンの変状がある場合、災害前後の単偏波 SAR 画像を目視で比較する。災害後の単偏波 SAR 画像に凹地形が形成されたように窪んだように見える場合には斜面崩壊が発生している可能性が疑われる。また、シアンの変状が卓越する場合には同様に単偏波 SAR 画像を目視で確認し、地形が盛り上がるような変化を確認できれば、崩壊によって土砂が堆積している可能性が考えられる。強度差分 SAR 画像上で赤やシアンの変状を確認できない場合や災害前後の単偏波 SAR 画像の比較から地形（凹凸）の変化を確認できない場合は、強度差分 SAR 画像による判定は困難であると判断される。

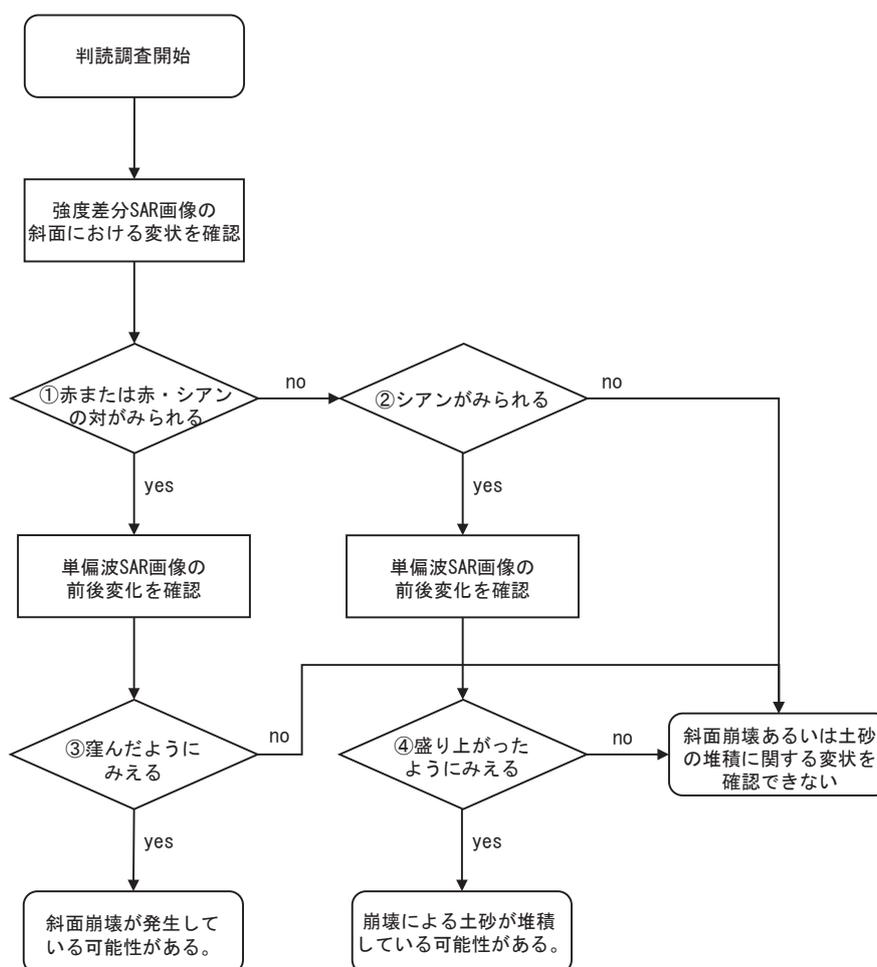


図-2.3.5 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査のフロー（ステップ 1）

ステップ2は、ステップ1の抽出箇所についてSAR画像以外の資料からその確からしさを評価する(図-2.3.6)。緊急性が高い災害初動の場合は本ステップを省略しても良いが、抽出箇所が少ない場合には実施することが望まれる。

ステップ1において「斜面崩壊が発生している可能性がある。」に該当する場合は、地形図から傾斜地であることを確認する。勾配が20°以上の斜面が含まれること等を基準とする。次に、地形図と災害前の光学画像(衛星写真や航空写真等)を参照して、当該斜面の人工改変の可能性が低いこと、災害前は森林であったことを確認する。以上の条件をすべて満たす場合、「斜面崩壊が発生している可能性が高い。」と判断される。

また、「崩壊による土砂が堆積している可能性がある。」となった場合は同様に、地形図から平地であることを確認する。平地と判断する基準は、谷出口・谷底平野等の地形と宅地・農地等の土地利用から判断する程度で良いと考える。その後、地形図と災害前の光学画像を参照して、該当範囲について人工改変の可能性が低いこと、赤い変状に隣接していることを確認する。以上の条件をすべて満たす場合、「崩壊による土砂が堆積している可能性が高い。」と判断される。

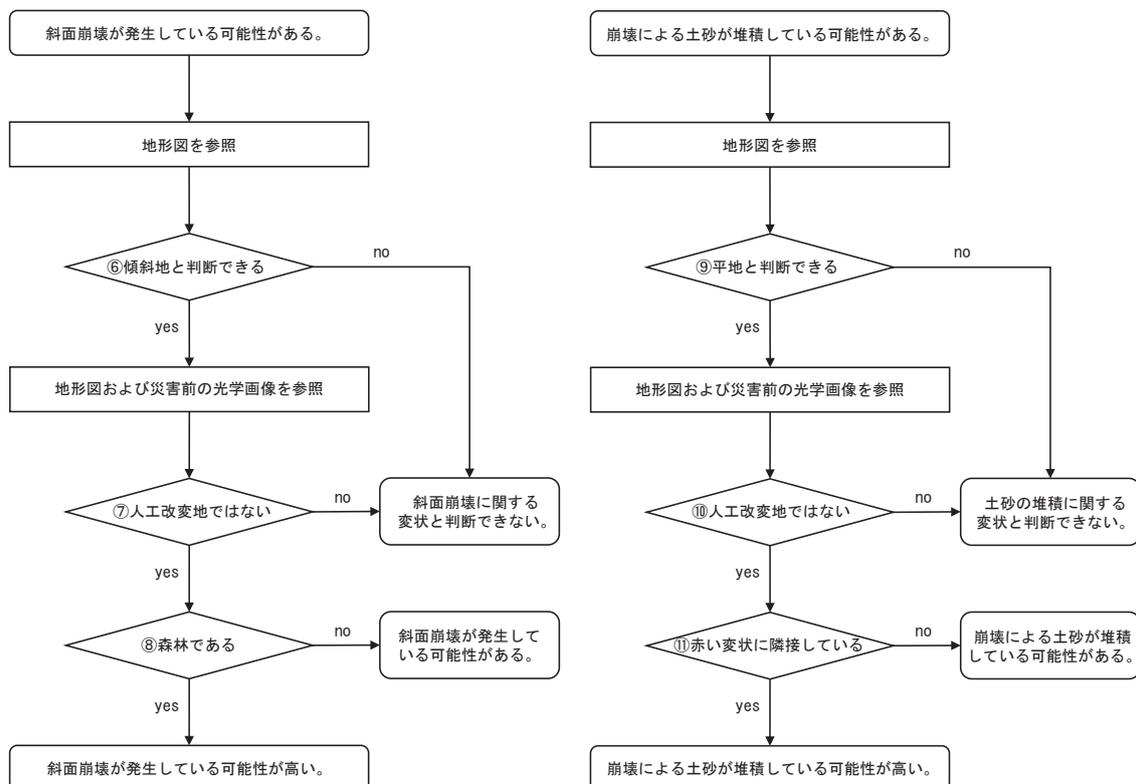


図-2.3.6 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査のフロー (ステップ2)

ステップ3は河道閉塞が形成されている可能性についてステップ1で「斜面崩壊が発生している可能性がある。」に該当した箇所すべてで確認する（図-2.3.7）。河道閉塞箇所を特定することの緊急性に鑑みて、ステップ1と同様に必須で確認し、初報結果とすることが望ましい。

強度差分 SAR 画像から河道内にシアンの変状が、河道上流側に赤の範囲がみられるかを確認し、いずれも該当する場合は地形図と災害前の光学画像を参照して既設のダムや貯水池等との見誤りではないことを確認する。以上の条件をすべて満たす場合、「河道閉塞が形成されている可能性が高い。」と判断される。また、最初動期に観測された SAR 画像を用いた場合、河道閉塞によって湛水の規模が小さいことが想定されるため、「河道閉塞が形成されている可能性がある。」と判断された箇所についても監視や追加調査することが望ましい。

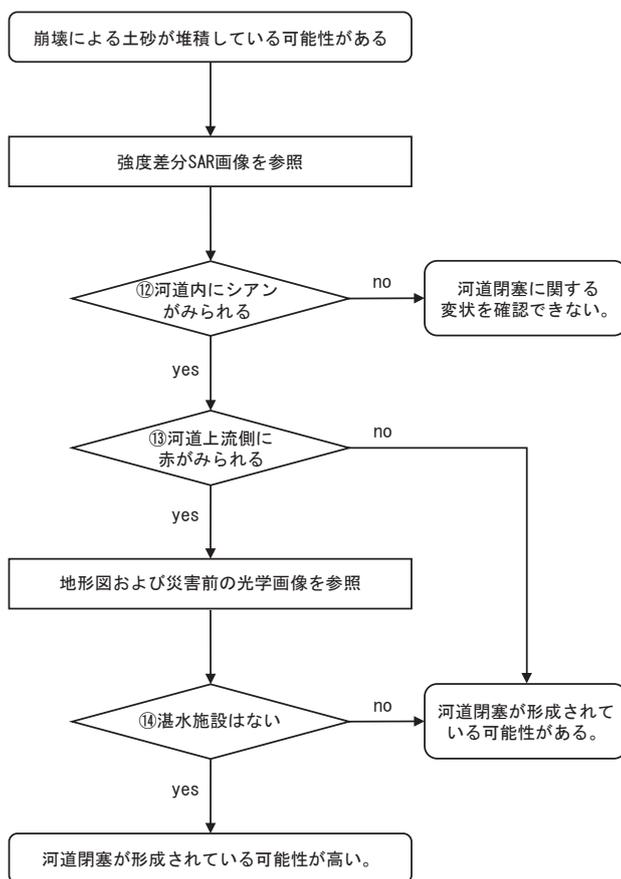


図-2.3.7 強度差分 SAR 画像による河道閉塞の形成有無の着眼点（ステップ3）

### 3. 5 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査のチェックリスト

強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査は、実施者の評価視点や経験等が評価結果の影響することがあるため、一般化された土砂災害判読調査の結果として一定の精度を確保する必要がある。そのため、図-2.3.8 に示した強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査のチェックリスト（以下、「チェックリスト」という。）を活用することを推奨する。チェックリストの各項目は表-2.3.3 に示した情報や評価を入力する。

実際には、平成 30 年北海道胆振東部地震のように多発した斜面崩壊のすべてについてチェックリストを適用した判定結果を行うと調査時間が長期化するため、代表した箇所についてチェックリストを用いた個別の判定を行った後に、それらの結果から総合的な判定を実施することが望ましい。

強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査 チェックリスト					No.
ID		所在地		緯度	
				経度	
強度差分 SAR 画像		単偏波 SAR 画像（災害前）		単偏波 SAR 画像（災害後）	
地形図		災害前光学画像			
ステップ	参照する画像等	論議範囲	チェック項目	判断基準	評価 (○×)
1	強度差分 SAR 画像	強度差分 SAR 画像の着色範囲	支配色	①赤または赤・シアンの対がみられる	
	単偏波 SAR 画像	単偏波 SAR 画像の前後変化	形状変化	②シアンがみられる ③窪んだようにみえる ④盛り上がったようにみえる	
	強度差分 SAR 画像	強度差分 SAR 画像の着色範囲	明瞭度	⑤明瞭である	
①、③ ○ ⇒ 2(崩壊)    ②、④ ○ ⇒ 2(堆積)					
2 (崩壊)	地形図	地形	斜面勾配	⑥傾斜地である	
	地形図 災害前光学画像	周囲	土地被覆	⑦人工改変地ではない	
	地形図 災害前光学画像	周囲	土地被覆	⑧森林である	
2 (堆積)	地形図	地形	斜面勾配	⑨平地である	
	地形図 災害前光学画像	周囲	土地被覆	⑩人工改変地ではない	
	地形図 災害前光学画像	周囲	位置関係	⑪赤い変状に隣接している	
3	強度差分 SAR 画像	河道内	支配色	⑫シアンがみられる	
		河道上流側		⑬赤がみられる	
	地形図 災害前光学画像	河道上流側	湛水施設	⑭湛水施設はない	
<b>判定結果</b>		a. 斜面崩壊の発生    可能性がある / 変状を確認できない b. 崩壊による土砂の堆積    可能性がある / 変状を確認できない c. 河道閉塞の形成    可能性がある / 変状を確認できない d. SAR 画像からは十分な判読ができない			

図-2.3.8 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査のチェックリスト

表-2.3.3 強度差分 SAR 画像上での色と後方散乱強度の変化

項目	入力	入力内容
No	任意	判読調査結果を取り扱うための任意の番号を付与する。
ID	任意	判読調査箇所を管理する任意のコードを付与する。
所在地	任意	判読調査箇所の住所を記入する。
緯度・経度	必須	判読調査箇所の緯度および経度を入力する。
強度差分 SAR 画像	必須	判読調査箇所の強度差分 SAR 画像を貼り付ける。
単偏波 SAR 画像（災害前）	必須	判読調査箇所の単偏波 SAR 画像（災害前）を貼り付ける。
単偏波 SAR 画像（災害後）	必須	判読調査箇所の単偏波 SAR 画像（災害後）を貼り付ける。
地形図	任意	判読調査箇所の地形図を貼り付ける。
災害前光学画像	任意	判読調査箇所の災害前光学画像を貼り付ける。
ステップ 1	必須	図-2.3.5 に従って評価する。 なお、⑤は任意で調査範囲における相対的な評価を行う。
ステップ 2 (崩壊・堆積)	任意	図-2.3.6 に従って評価する。
ステップ 3	必須	図-2.3.7 に従って評価する。
判定結果	必須	評価結果から a~d について該当が分かるように記入する。

平成 30 年北海道胆振東部地震において判読調査フローとチェックリストを活用した例を示す（図-2.3.9）。

強度差分 SAR 画像上の判読調査箇所（図-2.3.9 中に青丸で示した谷）は斜面部に赤い変状があり、谷出口からシアンの変状などステップ 1 のチェック項目をすべて確認し、斜面崩壊の発生と崩壊による土砂の堆積が生じている可能性があるかと判定した。また、ステップ 2 の崩壊および堆積についてもいずれも該当する。したがって、斜面崩壊の発生と崩壊による土砂の堆積が高い確度で生じていると推定できる。そして、ステップ 3 は河道内にシアンを確認できたが、河道上流部に赤い変状がみられないことから、河道閉塞の形成に関する変状は確認できないと判断した。

以上の評価結果から、当該箇所は斜面崩壊の発生および崩壊による土砂の堆積が生じている可能性が十分にあるが、河道閉塞が形成されている変状は確認できないと判定した。

強度差分SAR画像による土砂災害判読調査 チェックリスト

No. 1

ID	記入例	所在地	北海道勇払郡厚真町字幌内		緯度	42.753956
					経度	141.985929
強度差分SAR画像		単偏波SAR画像（災害前）		単偏波SAR画像（災害後）		
地形図		災害前光学画像				
ステップ	参照する画像等	確認範囲	チェック項目	判断基準	評価 (○×)	
1	強度差分SAR画像	強度差分SAR画像の着色範囲	支配色	①赤または赤・シアンの対がみられる	○	
	単偏波SAR画像	単偏波SAR画像の前後変化	形状変化	②シアンがみられる	○	
	強度差分SAR画像	強度差分SAR画像の着色範囲	明瞭度	③窪んだようにみえる ④盛り上がったようにみえる	○	
①、③：○ ⇒ 2(崩壊)    ②、④：○ ⇒ 2(堆積)						
2 (崩壊)	地形図	地形	斜面勾配	⑥傾斜地である	○	
	地形図 災害前光学画像	周囲	土地被覆	⑦人工改変地ではない	○	
	地形図 災害前光学画像	周囲	土地被覆	⑧森林である	○	
2 (堆積)	地形図	地形	斜面勾配	⑨平地である	○	
	地形図 災害前光学画像	周囲	土地被覆	⑩人工改変地ではない	○	
	地形図 災害前光学画像	周囲	位置関係	⑪赤い変状に隣接している	○	
3	強度差分SAR画像	河道内	支配色	⑫シアンがみられる	○	
		河道上流側		⑬赤がみられる	×	
	地形図 災害前光学画像	河道上流側	湛水施設	⑭湛水施設はない	○	
<b>判定結果</b>		a. 斜面崩壊の発生    可能性がある / 変状を確認できない b. 崩壊による土砂の堆積    可能性がある / 変状を確認できない c. 河道閉塞の形成    可能性がある / 変状を確認できない d. SAR画像からは十分な判読ができない				

図-2.3.9 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査のチェックリスト（記入例）

## 4. SAR 画像による土砂災害判読調査の応用

### 4. 1 効率的な判読調査方法

#### 4. 1. 1 GIS ソフトウェア等の表示機能の活用

GIS ソフトウェアに標準搭載されていることが多い「画像の透過表示」や「画像のスワイプ表示」は複数の画像データを参照する際やグラウンドレンジ画像とオルソ画像の両方を扱う場合の判読調査の効率性を高める機能である。

#### 4. 1. 2 GIS データの活用

行政界、河川、道路、土砂災害警戒区域などの GIS データを収集し、判読時の参考にする。その際、グラウンドレンジ画像と GIS データは同じ場所に重ならないため判読の際に留意する必要があり、地形図等を参照して位置の特定を行うとよい。

#### 4. 1. 3 グラウンドレンジ画像の活用

SAR が対象物との距離を地表投影したグラウンドレンジの SAR 画像を用いる（図-2. 4. 1）。オルソ処理（正射投影）すると、地形図や行政界などの GIS データと正確に重ね合わせることができるが、画像が歪められることで崩壊地や河道などの視認性が低下する。一方で、斜め写真のようなイメージで地物が撮影されるため、直感的な判読が容易である。さらに、オルソ処理には時間がかかることから、迅速な判読が要求される際は、データ提供が早いグラウンドレンジ画像の利用が推奨される。

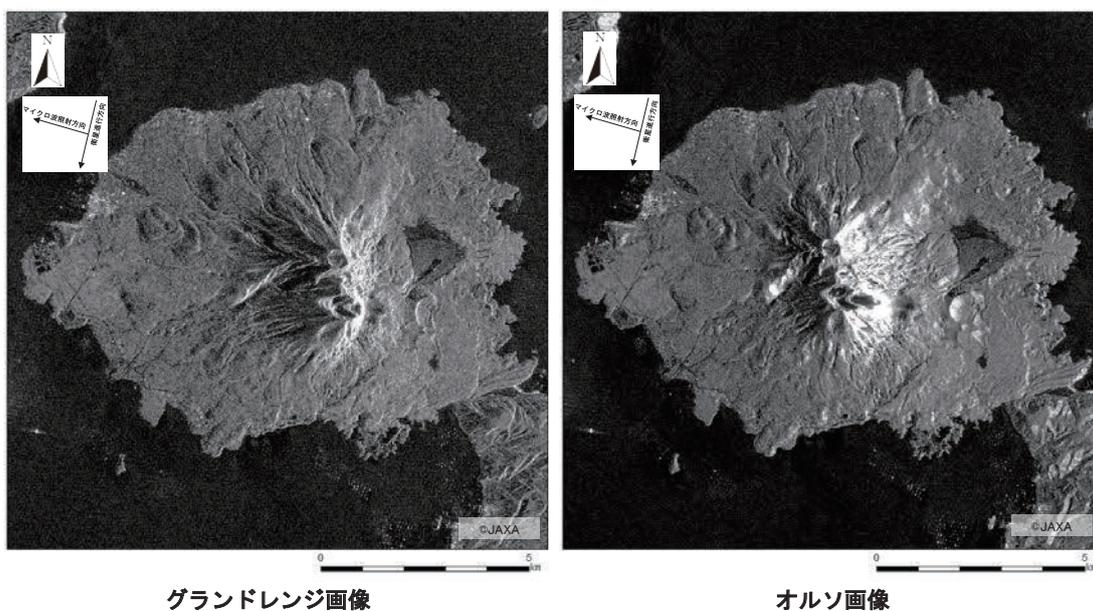


図-2. 4. 1 グラウンドレンジ画像とオルソ画像の比較（鹿児島県鹿児島市桜島）

#### 4.1.4 画像の正立

SAR 画像には方向依存性があるため、画像を正立させて判読すると視認性が向上する。SAR 画像を正立させる際にはマイクロ波の照射方向（レイオーバによる地形が倒れ込む方向）を上向きとすると地形の立体感が強調される（図-2.4.2）。

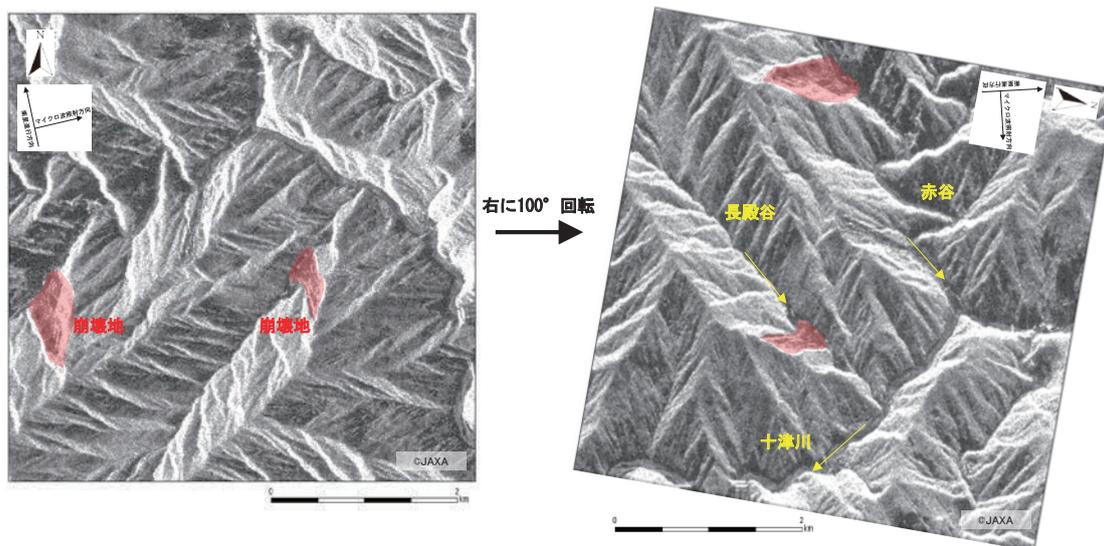


図-2.4.2 SAR 画像を正立させた場合の視認性（奈良県五條市・十津川村）

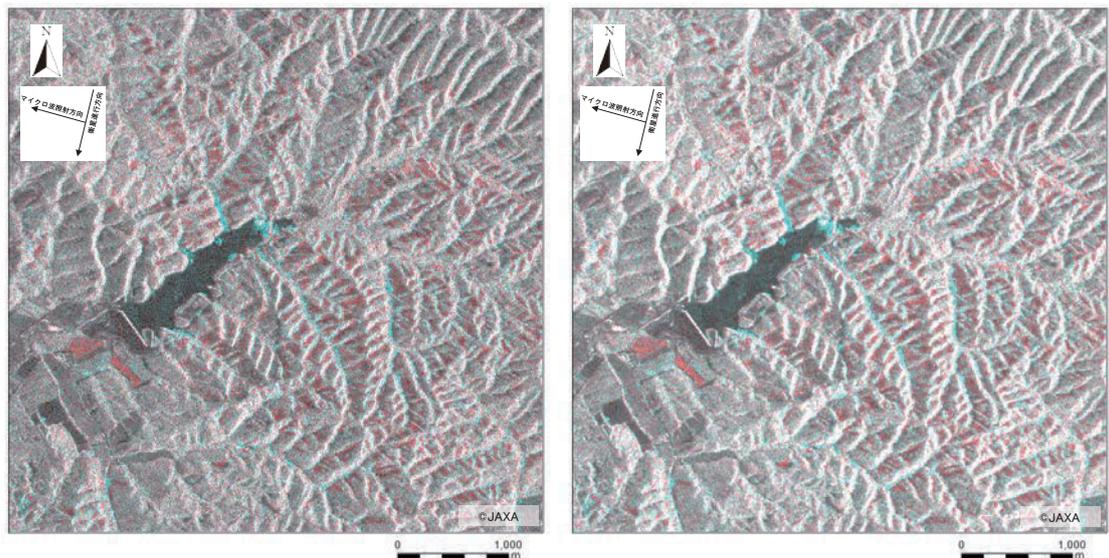
## 4. 2 結果の信頼性を高める判読調査方法

### 4. 2. 1 SAR 画像のフィルタ処理

SAR 画像には「スペックルノイズ」と呼ばれる斑点状のノイズが含まれ、このノイズは画像の視認性や画像の合成処理等の精度を低下させる要因となる。このため、判読調査に使用する SAR 画像に対してフィルタ処理を実施することが望ましい。一般的な目安として、3×3 ピクセルの平均値や中央値を取得するフィルタ処理を用いることが多い。

図-2. 4. 3 にフィルタ処理の有無を比較した強度差分 SAR 画像を示す。フィルタ処理を施しても赤やシアンの変状はその効果を受けず、SAR 画像内のゴマ塩状の斑点の影響だけが軽減されて視認性が向上する。なお、強度差分 SAR 画像等を生成する場合には、カラー合成処理する前の単偏波 SAR 画像にフィルタ処理する必要がある。

なお、フィルタ処理に要する時間は SAR 画像の大きさやフィルタの種類によって変化するが、一般的なソフトウェアに標準搭載された処理を行うと数分程度である。



フィルタ処理していない強度差分SAR画像

フィルタ処理した強度差分SAR画像 (3×3ピクセルの平均値)

図-2. 4. 3 フィルタ処理の有無による強度差分 SAR 画像の比較 (北海道安平町)

### 4. 2. 2 不可視範囲の追加調査

「第2編 5. 2 マイクロ波の照射方向に対する斜面向き」で後述するが、SAR 画像による土砂災害判読調査は、マイクロ波の照射方向と斜面方位の関係により、特定の方位の斜面について多くの不可視範囲が発生して検出性に偏りが生じる。このため、衛星の観測機会を待って逆向きからマイクロ波を照射した SAR 画像を取得し、追加して土砂災害判読調査を実施することが望ましい。

## 5. SAR 画像による土砂災害判読調査手法の留意事項

### 5. 1 人為的改変による影響

斜面崩壊の発生が予想される山地領域において、森林伐採地や採石地は斜面崩壊と類似した後方散乱強度の変化を示す（図-2.5.1）。伐採によって森林が喪失すると災害前に卓越していた体積散乱が消失し、これにより後方散乱も大きく低下し、強度差分画像上で赤あるいは赤とシアンの対で変状として表れる（図-2.5.2）。また、採石によって、斜面が後退して散乱面の位置が変わったり、斜面勾配が変化したことによ局所入射角が変化することで類似した変状が表れる（図-2.5.3）。

これらは目視による判読調査では斜面崩壊の後方散乱強度の変化と区別することが困難であり、誤った判読を避けるための対策として以下が考えられる。

- ①平野部等への土砂の流出によるシアンの変化の有無を確認する。
- ②入手可能な範囲で直近のアーカイブ SAR 画像を使用する。
- ③人為的な矩形や規則性等の変状の形から判断する。
- ④災害前の光学画像から人為的改変の影響を確認する。

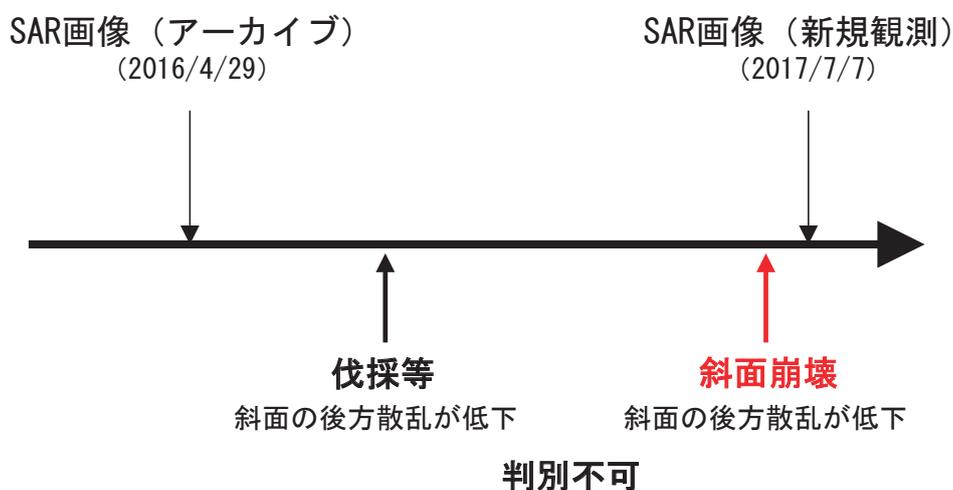


図-2.5.1 強度差分 SAR 画像における斜面崩壊と人為的改変の判別が困難となる場合

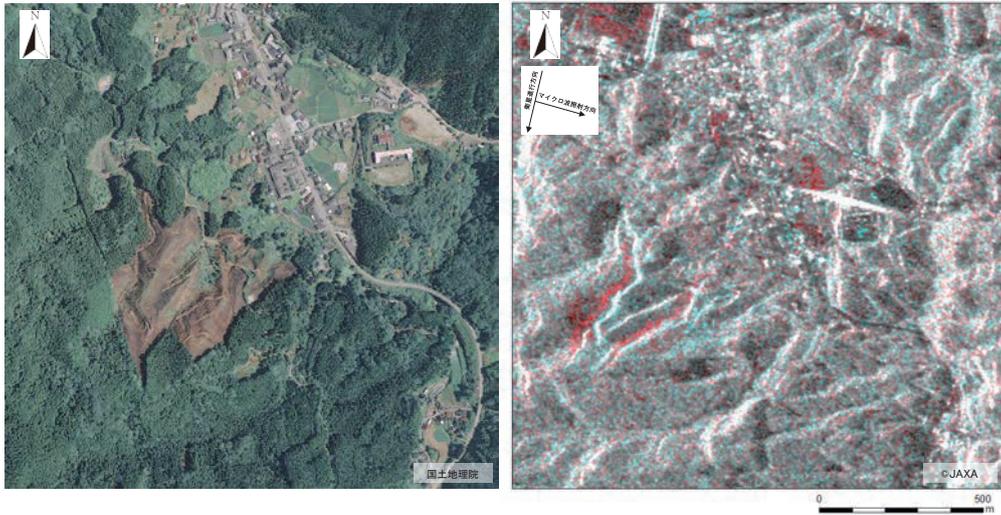


図-2.5.2 森林伐採による後方散乱変化が表れた例 (福岡県東峰村)

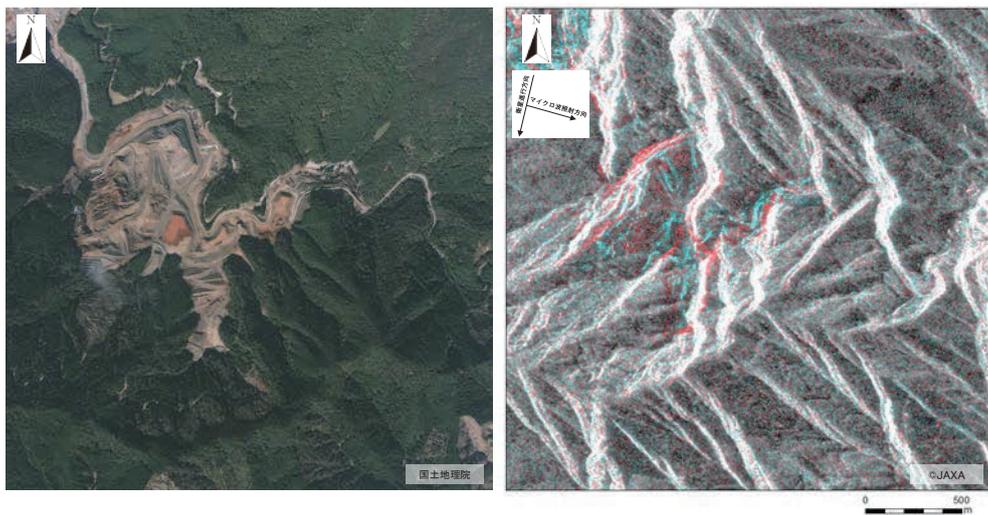


図-2.5.3 採石による後方散乱変化が表れた例 (福岡県朝倉市・東峰村)

## 5.2 マイクロ波の照射方向に対する斜面向き

SAR 画像はマイクロ波の照射角度等による幾何条件の影響を強く受けて投影され、「第1編 2.3 SAR 画像の留意点」で述べたジオメトリック画像変調の影響で不可視範囲が発生する。

図-2.5.4 左はマイクロ波の照射角度と地形モデル（10m 数値標高モデル）との幾何計算によって導出された不可視範囲を示している。様々な斜面向きで多数の斜面崩壊が発生した場所において、災害後に撮影された航空写真（図-2.5.4 中央）と強度差分 SAR 画像（図-2.5.4 右）を比較すると、斜面向きによって強度差分 SAR 画像上の視認性が大きく変わることが分かり、この影響が判読調査の精度に関係することが推定される。

すなわち、本資料が推奨条件とするオフナディア角が  $30^{\circ}$  ～  $45^{\circ}$  程度の場合、マイクロ波の照射方向に正対する斜面（図-2.5.4 における西向き斜面）は、レイオーバによる不可視範囲となるため判読による十分な調査結果が得られない。図-2.5.5 に示すように、面積  $76,600\text{m}^2$  程度の大規模な斜面崩壊であってもマイクロ波の照射方向に正対する斜面向き（図-2.5.5 における東向き斜面）でレイオーバ効果を強く受ける場合には判読することが困難となる。

SAR 画像を扱う上でこの影響は軽減できないため、実用上は以下の点に留意が必要となる。

- ①レイオーバの影響を受けにくい平地等のシアンの変状を確認して判断する。
- ②不可視範囲の発生を念頭に置いた判読調査の実施と調査結果の取り扱いを行う。



図-2.5.4 不可視範囲における視認性の比較（広島県東広島市・安浦町）

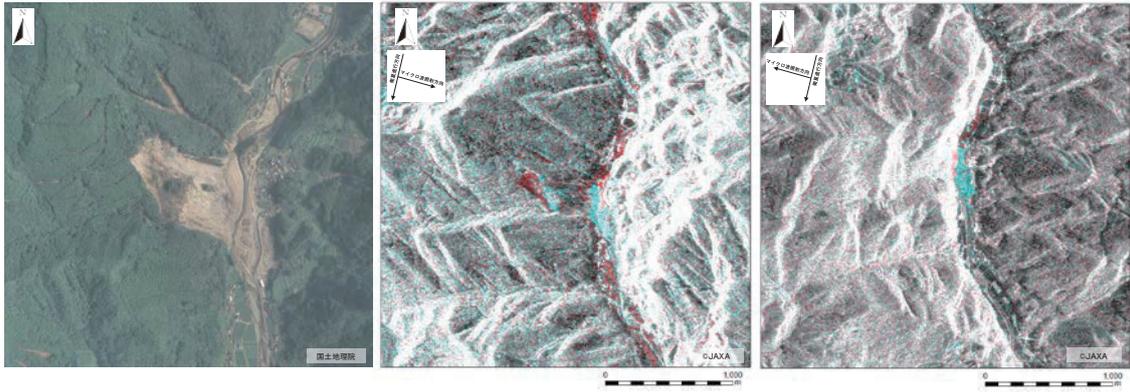


図-2.5.5 マイクロ波の照射方向による視認性の比較 (大分県日田市)

中央：マイクロ波照射方向 [東→西] 右：マイクロ波照射方向 [西→東]

### 第3編 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査の適用結果

#### 1. 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査の所要時間

表-3.1.1 に示す7件の災害対応での確認による強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査の所要時間の目安を示す。降雨による災害では災害発生（土砂災害警戒情報の発表）から35時間程度であり、地震による災害では地震発生から15時間程度であった。衛星の観測に大きく依存する部分もあるが、SARによる観測後の土砂災害判読調査は概ね7時間程度となっている。

以上の実績から、強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査は、土砂災害発生の危険性が生じてから0.5～1.5日程度で調査結果が得られる方法であると言える。

表-3.1.1 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査の所要時間

災害名	所要時間[h]		
	災害発生～SAR観測	SAR観測～判読調査	災害発生～判読調査
平成29年長野県南部地震	4.9	8.7	13.5
平成29年7月島根県での豪雨	11.9	7.1	19.1
平成29年7月九州北部豪雨	46.7	7.1	53.8
平成29年台風21号	19.5	7.3	26.8
平成30年大阪府北部地震	16.0	9.2	25.2
平成30年7月豪雨	33.9	7.9	41.8
平成30年北海道胆振東部地震	8.6	3.8	12.4
平均値(全体)	20.2	7.3	27.5
平均値(降雨災害)	28.0	7.4	35.4
平均値(地震災害)	9.8	7.2	17.0
中央値(全体)	16.0	7.3	25.2
中央値(降雨災害)	26.7	7.2	34.3
中央値(地震災害)	8.6	8.7	13.5

## 2. 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査の精度

### 2. 1 精度の検証条件

「平成 28 年熊本地震」、「平成 29 年 7 月九州北部豪雨」、「平成 30 年 7 月豪雨」、「平成 30 年北海道胆振東部地震」の 4 件の大規模かつ広域に発生した土砂災害を対象に、強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査の精度を確認した。

精度の検証は SAR 画像の不可視範囲を除く場所を対象に、災害後に撮影された航空写真等の判読結果から選定した土砂災害発生箇所（以下、「検証対象」という。）に占める強度差分 SAR 画像から土砂災害が発生している蓋然性が高いと判定された箇所（以下、「検出対象」という。）の割合を検出率 [%] として評価した。

検証対象は図-3.2.1 に示す「災害誘因」、「面積（正射面積）」、「斜面勾配」、「斜面方位（北を  $0^\circ$  とした時計回りの角度）」の基準に対して概ね均一となるように選定した。また、検出対象は災害初動調査時の精度にあたる「第 2 編 3. 4 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査のフロー」のステップ 1 の評価から「斜面崩壊が発生している可能性がある。」あるいは「崩壊による土砂が堆積している可能性がある。」と判定された件数とした。検出率は「面積」、「斜面勾配」、「斜面方位」、「局所入射角」、「相対方位角（マイクロ波の照射方向に正対する向きを  $0^\circ$  として  $\pm 180^\circ$  で表現する角度）」の項目ごとに確認した。

なお、本検証は土砂災害が発生したことが確からしいと判断できる規模や形状の箇所を検証対象とした結果であり、航空写真等から判読できない小規模な崩壊や森林の影等における崩壊については、検証に用いたデータの性質上確認していない。

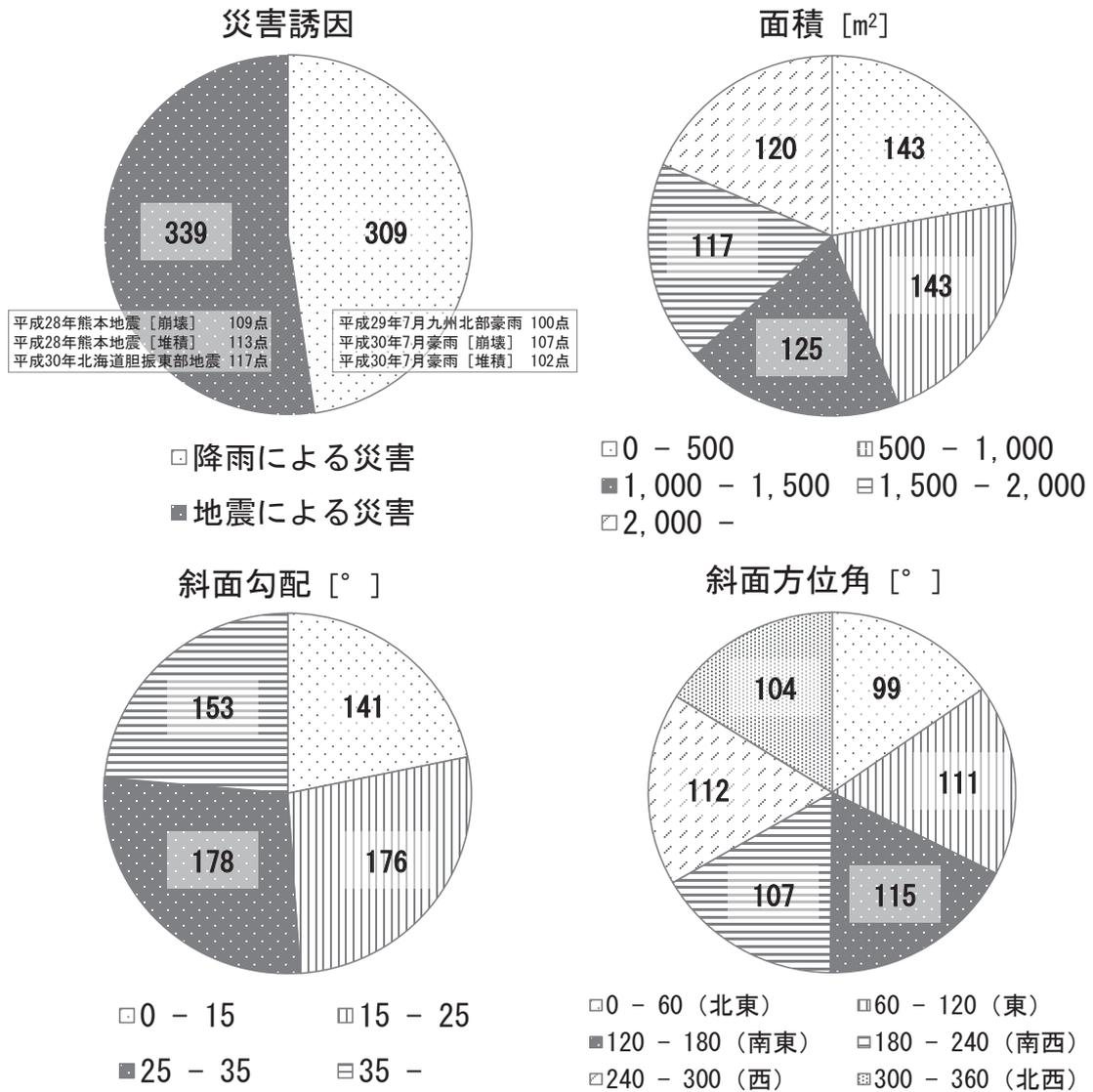


図-3.2.1 選定基準ごとの検証対象数 (N=648)

## 2. 2 精度の検証結果

強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査の精度を以下に示す。

図-3.2.2 に示すように面積と精度には相関があり、変化の規模が大きいほど検出率が高まることが分かる。面積 2,000m<sup>2</sup>以上の斜面崩壊や土砂の流出・堆積が発生した場合おおよそ 7 割程度の確率で検出できる。

斜面勾配と斜面方位は検出率に対して直接影響する因子ではない（図-3.2.3、図-3.2.4）。一方で、局所入射角と相対方位角は検出率に大きく影響している。図-3.2.5 に示した局所入射角は、大きくなるにつれて検出率が向上して 45~60° で検出率が約 5 割と最大になる。それ以上の 75~90° になると検出率が低下する傾向が見えるが、少ない検証数による結果であり、その傾向は確からしくない。「参考資料 2. 各災害の強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査の精度」を参照すると、局所入射角と検出率の関係は災害ごとにばらつきが見られるが、いずれにおいても局所入射角が極めて小さいあるいは極めて大きい場合の検出率は非常に低い。また、図-3.2.6 の相対方位角は 0~±60° のとき検出率が 15~25%程度と最も低くなり、±120~±180° のとき検出率が約 50~60%と高くなる傾向が見られる。「第 2 編 5.2 マイクロ波の照射方向に対する斜面向き」で述べたとおり、マイクロ波の照射方向に正対する斜面（相対方位角が小さい斜面）はレイオーバ効果による不可視範囲となるため検出率が著しく低くなるためであると考えられる。

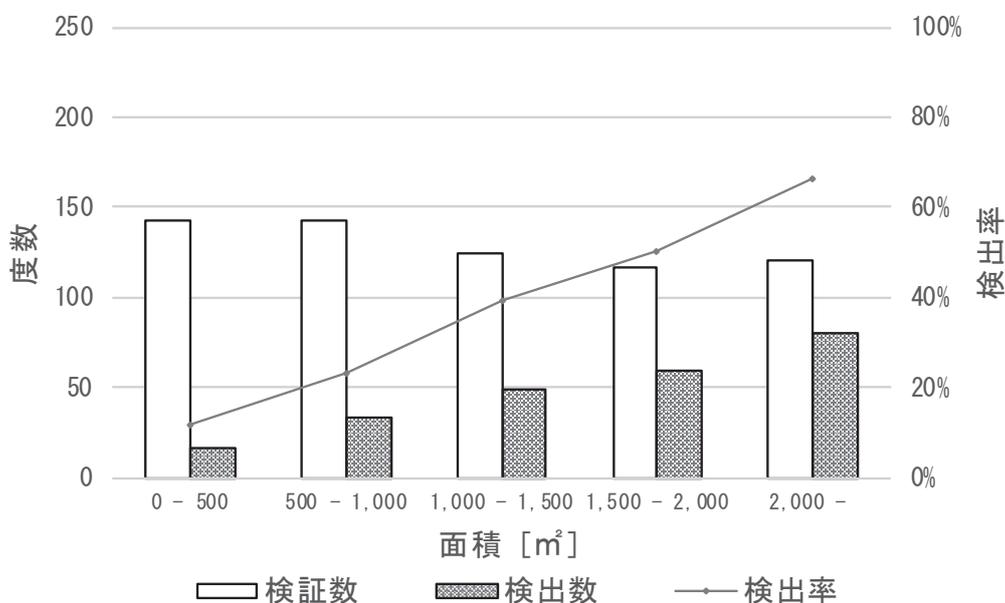


図-3.2.2 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査の検出率（面積）

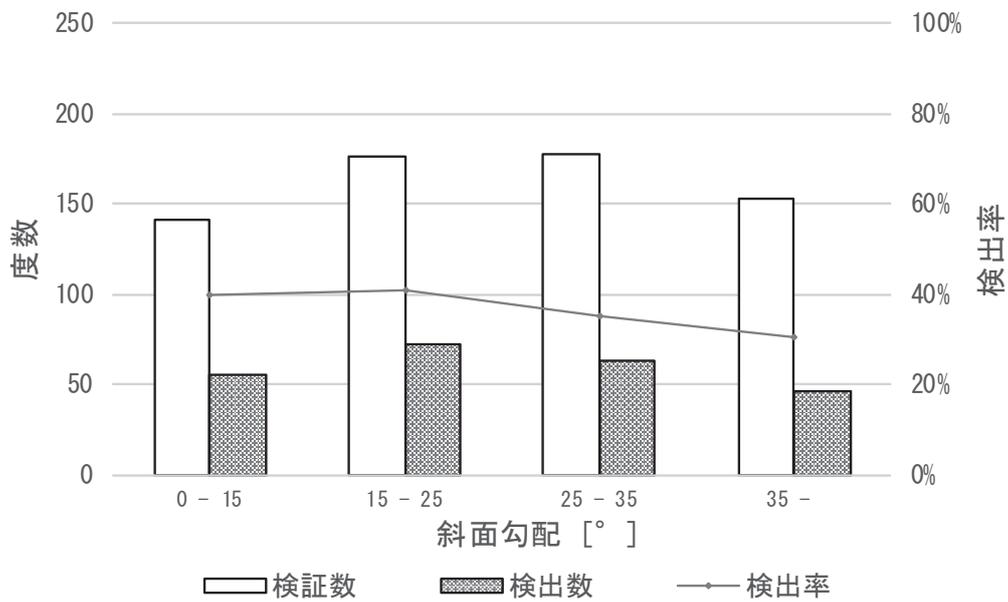


図-3.2.3 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査の検出率（斜面勾配）

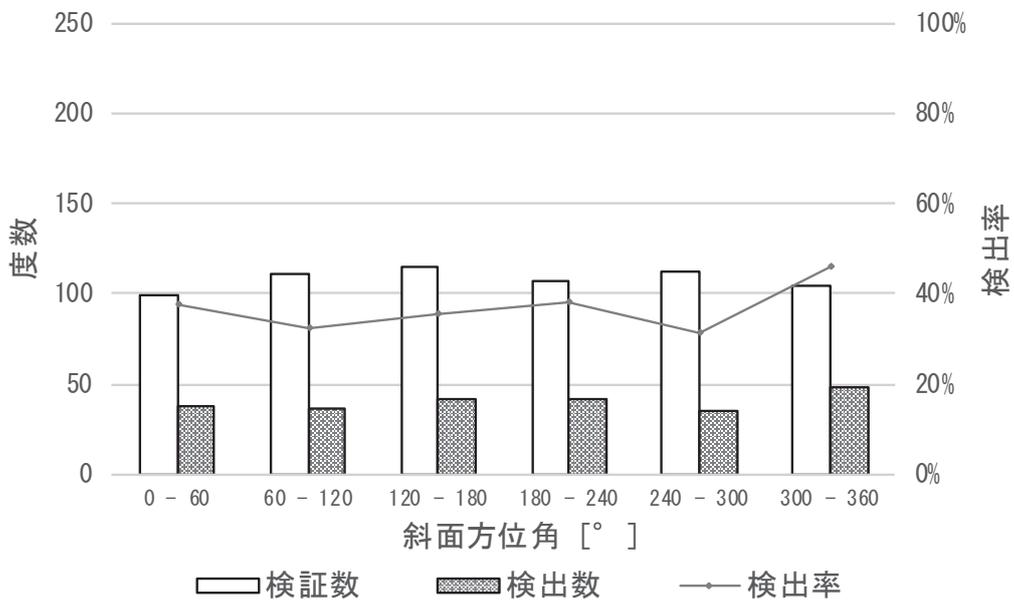


図-3.2.4 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査の検出率（斜面方位角）

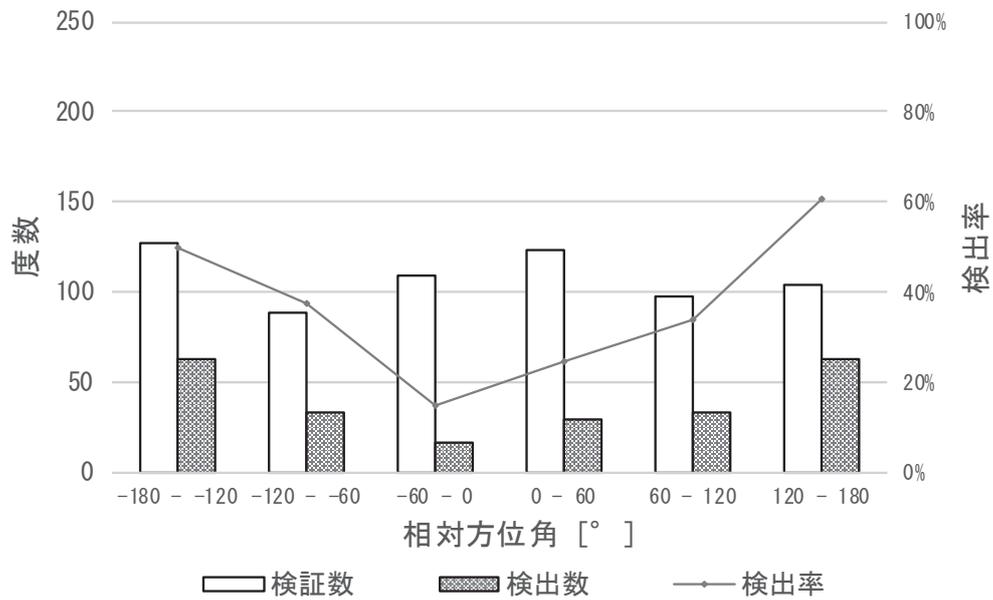


図-3.2.5 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査の検出率（相対方位角）

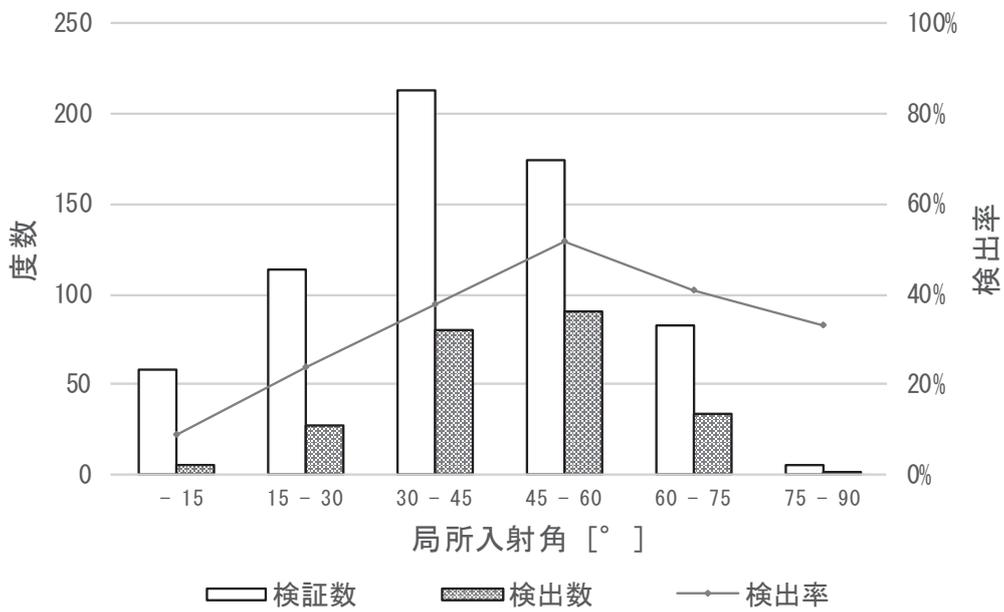


図-3.2.6 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査の検出率（局所入射角）

## 参考文献

- 1) 水野正樹・神山嬢子・江川真史・佐藤匠・蒲原潤一・林真一郎 (2013) : 単偏波の高分解能 SAR 画像による河道閉塞箇所判読調査手法(案)、国土技術政策総合研究所資料、No. 760
- 2) 水野正樹・神山嬢子・江川真史・佐藤匠・蒲原潤一 (2014) : 2 偏波 SAR 画像による大規模崩壊及び河道閉塞箇所の判読調査手法(案)、国土技術政策総合研究所資料、No. 791
- 3) 鈴木大和・松田昌之・野村康裕・中谷洋明 (2019) : SAR 画像の後方散乱強度変化による土砂災害調査手法の適用、土木技術資料、Vol. 61、No. 12、pp16-19
- 4) 山下久美子・神山嬢子・鈴木大和・野呂智之・杉本惇・柴山卓史・鶴殿俊昭 (2019) : 二時期 SAR 強度画像を用いた土砂移動箇所判読精度の検証—九州北部豪雨の事例—、砂防学会誌、Vol. 71、No. 6、pp. 21-27
- 5) 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (2018) : 宇宙からの災害監視衛星—陸域観測技術衛星 2 号「だいち 2 号」災害事例集 2014~2017—
- 6) 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構・国土交通省 (2018) : 災害時の人工衛星活用ガイドブック 土砂災害版 [http://www.mlit.go.jp/river/sabo/satellite/manual\\_180327.pdf](http://www.mlit.go.jp/river/sabo/satellite/manual_180327.pdf)
- 7) 大内和夫 (2004) : リモートセンシングのための合成開口レーダの基礎、東京電機大学出版局
- 8) 日本リモートセンシング研究会 (2001) : 図解リモートセンシング、社団法人日本測量協会

## 本文中の SAR 画像の諸元

図の番号	観測日時	分解能 [m]	オフナディア角 [°]	偏波	軌道方向	マイクロ波照射方向
図-1.2.1	2017/07/07	3	29.1	HH	南行	衛星進行方向 左
図-1.2.2	2018/04/14	3	38.2	HH	北行	衛星進行方向 右
図-1.2.3	2019/06/21	3	38.2	HH	北行	衛星進行方向 右
図-1.2.4	2019/06/21	3	38.2	HH	北行	衛星進行方向 右
図-1.2.5	2019/06/21	3	38.2	HH	北行	衛星進行方向 右
図-1.2.7	2019/09/09	10	52.4	HH HV	南行	衛星進行方向 右
図-1.2.8	2017/04/29 2017/07/07	3	29.1	HH	南行	衛星進行方向 左
図-1.3.1	2017/04/29 2017/07/07	3	29.1	HH	南行	衛星進行方向 左
図-1.3.2	2019/09/09	10	52.4	HH HV	南行	衛星進行方向 右
図-1.3.3	2018/06/18	3	38.2	HH	北行	衛星進行方向 右
図-2.3.1	2018/08/23 2018/09/06	3	32.4	HH	南行	衛星進行方向 右
図-2.3.3	2018/08/23 2018/09/06	3	32.4	HH	南行	衛星進行方向 右
図-2.3.4	2018/08/23 2018/09/06	3	32.4	HH	南行	衛星進行方向 右
図-2.3.9	2018/08/23 2018/09/06	3	32.4	HH	南行	衛星進行方向 右
図-2.4.1	2020/03/02	3	32.4	HH	南行	衛星進行方向 右
図-2.4.2	2017/10/23	3	38.2	HH	北行	衛星進行方向 右
図-2.4.3	2018/08/23 2018/09/06	3	32.4	HH	南行	衛星進行方向 右
図-2.5.2	2017/04/29 2017/07/07	3	29.1	HH	南行	衛星進行方向 左
図-2.5.3	2017/04/29 2017/07/07	3	29.1	HH	南行	衛星進行方向 左
図-2.5.4	2018/03/17 2018/07/21	3	32.4	HH	北行	衛星進行方向 右
図-2.5.5 中央	2017/04/29 2017/07/07	3	29.1	HH	南行	衛星進行方向 左
図-2.5.5 右	2017/06/12 2017/07/10	3	32.4	HH	南行	衛星進行方向 右

参考資料 1. 各災害の強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査の所要時間

## 平成29年長野県南部地震

■ 判読調査の条件・所要時間

災害誘因	災害発生日時	災害発生時 気象状況	判読面積 [km <sup>2</sup> ]	【A】災害発生 ～SAR観測	【B】SAR観測 ～判読調査	【A+B】災害発生 ～判読調査
地震	2017/6/25 07:02	雨～曇り	約3,500	4時間54分	8時間39分	13時間33分

■ 判読調査タイムライン

日時	発信元	受信先	対応等
2017/6/25 07:02	-	-	長野県南部で地震発生(王滝村、木曾町で最大震度5強を観測)
09:00頃	本省	JAXA	ALOS-2緊急観測要請
11:56頃	-	-	ALOS-2 観測
17:00頃	JAXA	国総研	ALOS-2観測データ提供、判読開始
20:01	JAXA	本省・国総研	判読結果を報告
20:35	国総研	本省	判読結果の所見を報告
20:35	本省	中国地整	判読結果を提供

A  
B

6/26 7:24頃より、地整が天候回復を待ちへり調査開始⇒大規模崩壊は確認されず

■ 判読調査に使用したSAR画像の諸元

	観測日時	分解能 [m]	オフナディア角 [°]	偏波	軌道方向	マイクロ波 照射方向	シーン数
アーカイブ	2017/05/28 11:56頃	3	29.1 (U2-6)	HH	ディセンディング (南行)	進行方向右	2
新規観測	2017/06/25 11:56頃						

## 平成29年7月島根県での豪雨

### ■ 判読調査の条件・所要時間

災害誘因	災害発生日時	災害発生時 気象状況	判読面積 [km <sup>2</sup> ]	【A】災害発生 ～SAR観測	【B】SAR観測 ～判読調査	【A+B】災害発生 ～判読調査
降雨	2017/7/5 00:15	雨	約2,000	11時間56分	7時間07分	19時間03分

### ■ 判読調査タイムライン

日時	発信元	受信先	対応等
2017/7/5 00:15	-	-	島根県浜田市、益田市で土砂災害警戒情報が発表
05:55	-	-	島根県浜田市、益田市、邑南町、津和野町で大雨特別警報が発表
12:11頃	-	-	ALOS-2 観測
15:08	本省	国総研	ALOS-2観測データ提供、判読開始
17:51	国総研	本省	判読結果(速報)を報告
19:03	JAXA	国総研	判読結果を報告
19:18	国総研	本省	判読結果の所見を報告
20:04	本省	中国地整	判読結果を連絡

### ■ 判読調査に使用したSAR画像の諸元

	観測日時	分解能 [m]	オフナディア角 [°]	偏波	軌道方向	マイクロ波 照射方向	シーン数
アーカイブ	2017/03/29 12:11頃	3	38.6 (U2-9)	HH	ディセンディング (南行)	進行方向右	1
新規観測	2017/07/05 12:11頃						

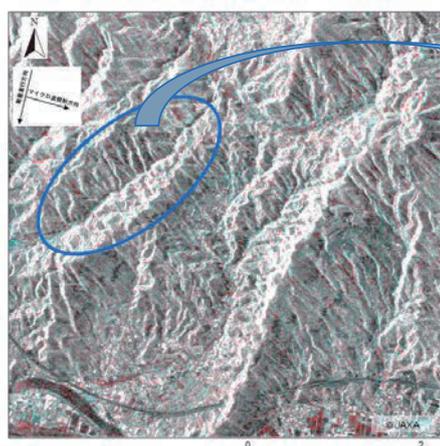
## 平成29年7月九州北部豪雨

### ■ 判読調査の条件・所要時間

災害誘因	災害発生日時	災害発生日時 気象状況	判読面積 [km <sup>2</sup> ]	【A】災害発生 ～SAR観測	【B】SAR観測 ～判読調査	【A+B】災害発生 ～判読調査
降雨	2017/7/5 14:10	雨 翌日朝より晴	約3,500	46時間42分	7時間08分	53時間50分

### ■ 判読調査タイムライン

日時	発信元	受信先	対応等
2017/7/5 14:10	-	-	福岡県朝倉市、東峰村で土砂災害警戒情報が発表
2017/7/5 17:51	-	-	福岡県で大雨特別警報が発表
20:00頃	本省	JAXA	ALOS-2緊急観測要請
<b>7/6 6:00頃より、地整が天候回復を待ちヘリ調査開始⇒朝倉市で土砂災害の多発を確認</b>			
2017/7/7 12:52頃	-	-	ALOS-2 観測
14:16	JAXA	国総研	ALOS-2観測データ提供、判読開始
17:21	国総研	本省	報道された主な被災箇所の判読結果(速報)を報告
18:01	国総研	本省	東峰村北側の主な抽出箇所の判読結果を報告
20:00頃	国総研	本省	判読結果(判読範囲全体)を報告 九州地整へ情報提供



(左)朝倉市周辺の強度差分SAR画像 (右)ヘリ調査で確認した崩壊多発地域

### ■ 判読調査に使用したSAR画像の諸元

	観測日時	分解能 [m]	オフナディア角 [°]	偏波	軌道方向	マイクロ波 照射方向	シーン数
アーカイブ	2016/04/29 12:52頃	3	29.1 (U2-6)	HH	ディセンディング (南行)	進行方向左	1
新規観測	2017/07/07 12:52頃						

## 平成29年台風21号

### ■ 判読調査の条件・所要時間

災害誘因	災害発生日時	災害発生時 気象状況	判読面積 [km <sup>2</sup> ]	【A】災害発生 ～SAR観測	【B】SAR観測 ～判読調査	【A+B】災害発生 ～判読調査
降雨	2017/10/22 16:00	雨	約6,000	19時間29分	7時間20分	26時間49分

### ■ 判読調査タイムライン

日時	発信元	受信先	対応等
2017/10/22 16:00	-	-	和歌山県新宮市等で土砂災害警戒情報が発表
2017/10/23 09:33	近畿地整	本省	SAR画像観測の要望
11:29頃	-	-	ALOS-2 観測
14:04	JAXA	国総研	ALOS-2観測データ提供、判読開始
18:35	JAXA	本省・国総研	判読結果を報告
18:49	国総研	本省	判読結果の所見を報告

### ■ 判読調査に使用したSAR画像の諸元

	観測日時	分解能 [m]	オフナディア角 [°]	偏波	軌道方向	マイクロ波 照射方向	シーン数
新規観測	2017/10/23 11:29頃	6	56.2 (U5-21)	HV	ディセンディング (南行)	進行方向左	3

## 平成30年大阪府北部地震

### ■ 判読調査の条件・所要時間

災害誘因	災害発生日時	災害発生時 気象状況	判読面積 [km <sup>2</sup> ]	【A】災害発生 ～SAR観測	【B】SAR観測 ～判読調査	【A+B】災害発生 ～判読調査
地震	2018/6/18 07:58	曇り～雨 21日頃まで 悪天候続く	約3,500	16時間00分	9時間10分	25時間10分

### ■ 判読調査タイムライン

日時	発信元	受信先	対応等
2018/6/18 07:58	-	-	大阪府北部で地震発生(大阪市北区、高槻市、枚方市、茨木市、箕面市で最大震度6弱を観測)
08:34	本省	JAXA	ALOS-2緊急観測要請
23:58頃	-	-	ALOS-2 観測
2018/6/19 01:00頃	JAXA	国総研	ALOS-2観測データ提供
07:00頃	国総研	-	判読開始
08:06	JAXA	国総研	判読結果送付
09:08	国総研	本省	判読結果の所見を報告
<b>6/19 9:30頃より、地整へり調査開始⇒大きな被害は確認されず</b>			

### ■ 判読調査に使用したSAR画像の諸元

	観測日時	分解能 [m]	オフナディア角 [°]	偏波	軌道方向	マイクロ波 照射方向	シーン数
アーカイブ	2018/04/09 23:58頃	3	38.2 (U2-9)	HH	アセンディング (北行)	進行方向右	1
新規観測	2018/06/18 23:58頃						

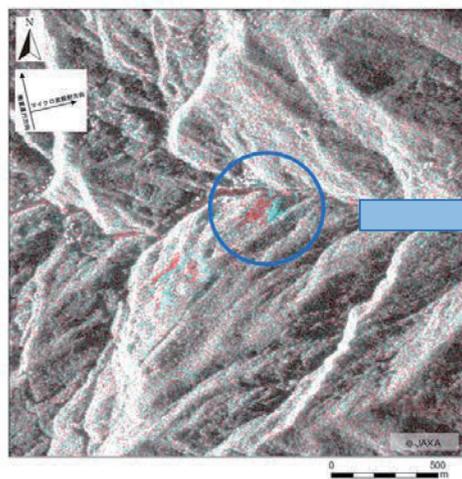
## 平成30年7月豪雨

### ■ 判読調査の条件・所要時間

災害誘因	災害発生日時	災害発生時 気象状況	判読面積 [km <sup>2</sup> ]	【A】災害発生 ～SAR観測	【B】SAR観測 ～判読調査	【A+B】災害発生 ～判読調査
降雨	2018/07/06 14:10	雨	約10,000	33時間54分	7時間56分	41時間50分

### ■ 判読調査タイムライン

日時	発信元	受信先	対応等
2018/07/06 14:05	-	-	広島県広島市等で土砂災害警戒情報が発表
17:00頃	本省	JAXA	ALOS-2緊急観測要請
19:40	-	-	広島・岡山・鳥取県で大雨特別警報が発表
2018/07/08 00:04頃	-	-	ALOS-2 観測
03:50頃	JAXA	国総研	ALOS-2観測データ提供、判読開始
08:00頃	国総研	中国・四国地整	判読結果を報告



(左) SAR画像判読時に報告した土砂移動箇所 (右) 現地で確認された大規模崩壊

### ■ 判読調査に使用したSAR画像の諸元

	観測日時	分解能 [m]	オフナディア角 [°]	偏波	軌道方向	マイクロ波 照射方向	シーン数
アーカイブ	2018/04/14 00:04頃	3	38.2 (U2-9)	HH	アセンディング (北行)	進行方向右	4
新規観測	2018/07/08 00:04頃						

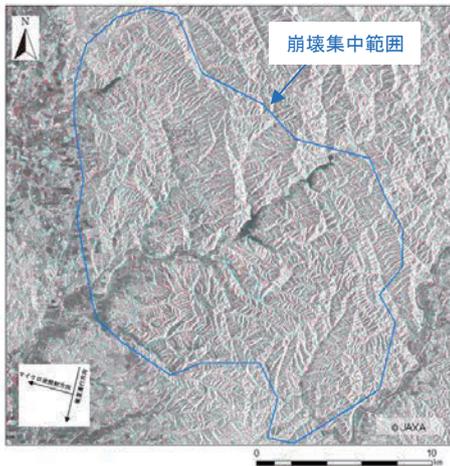
## 平成30年北海道胆振東部地震

### ■ 判読調査の条件・所要時間

災害誘因	災害発生日時	災害発生時 気象状況	判読面積 [km <sup>2</sup> ]	【A】災害発生 ～SAR観測	【B】SAR観測 ～判読調査	【A+B】災害発生 ～判読調査
地震	2018/9/6 03:07	曇り～雨 発災後しばらく 悪天候が続く	約3,000	8時間34分	3時間49分	12時間23分

### ■ 判読調査タイムライン

日時	発信元	受信先	対応等
2018/9/6 03:07	-	-	発災
04:00頃	本省	JAXA	ALOS-2緊急観測要請
11:41頃	-	-	ALOS-2 観測
14:12頃	JAXA	国総研	ALOS-2観測データ提供、判読開始
<b>15:00頃より、地整が天候回復を待ちへり調査開始</b>			
15:30頃	国総研	北海道開発局	判読結果を提供 SAR画像によって斜面崩壊の発生が集中する推定 範囲を迅速に報告
<b>天候不順のため、光学画像での被害状況把握に時間を要す</b>			
2018/9/11 09:42頃	-	-	光学衛星による観測 SAR画像で判読した崩壊集中範囲と概ね一致する ことを確認



(左) SAR画像判読時に報告した崩壊集中範囲 (右) 光学衛星で確認した崩壊集中範囲

### ■ 判読調査に使用したSAR画像の諸元

	観測日時	分解能 [m]	オフナディア角 [°]	偏波	軌道方向	マイクロ波 照射方向	シーン数
アーカイブ	2018/08/23 11:41頃	3	32.4 (U2-7)	HH	ディセンディング (南行)	進行方向右	2
新規観測	2018/09/06 11:41頃						

## 平成29年スリランカ南西部での豪雨

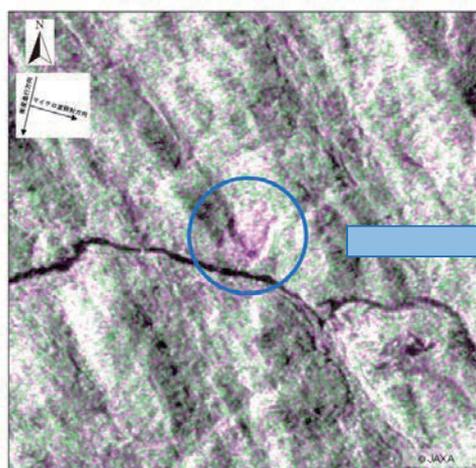
### ■ 判読調査の条件・所要時間

災害誘因	災害発生日時	災害発生時 気象状況	判読面積 [km <sup>2</sup> ]	【A】災害発生 ～SAR観測	【B】SAR観測 ～判読調査	【A+B】災害発生 ～判読調査
降雨	2017/5/24～26	雨	約5,600	144時間00分	29時間00分	173時間00分

### ■ 判読調査タイムライン

日時	発信元	受信先	対応等
2017/5/24～26	-	-	記録的豪雨により、スリランカ南西部で土砂災害が発生
2017/5/29	本省	JAXA	ALOS-2緊急観測要請
2017/5/30	-	-	ALOS-2 観測
2017/5/31 08:30頃	JAXA	国総研	ALOS-2観測データ提供、判読開始
17:00	国総研	本省	判読結果の所見を報告
2017/6/1	国総研	JICA	判読結果を提供

**6/6 国際緊急援助隊が判読結果を基に現地調査⇒大規模崩壊を確認**

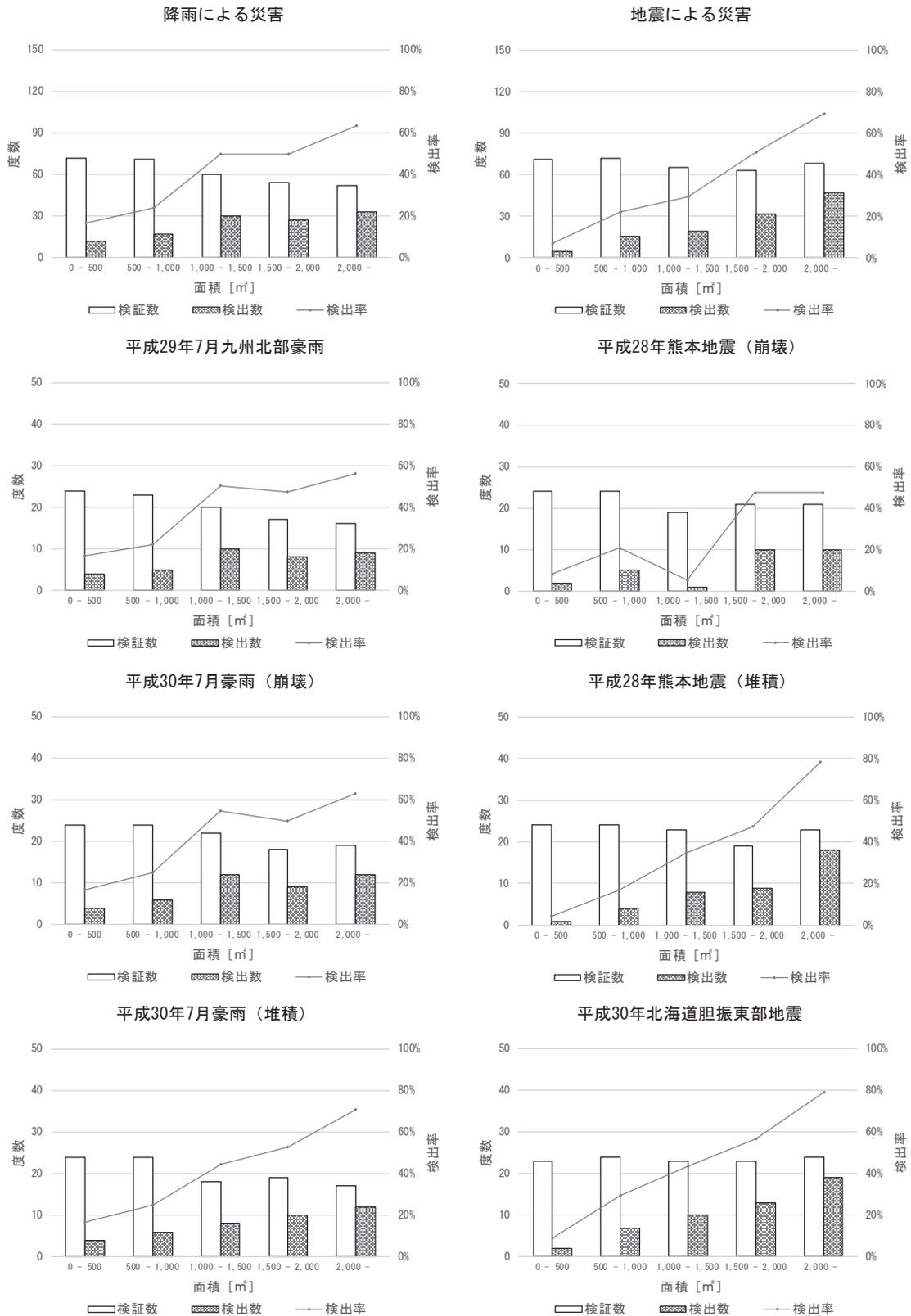


(左) SAR画像判読時に報告した土砂移動箇所 (右) 現地で確認された大規模崩壊

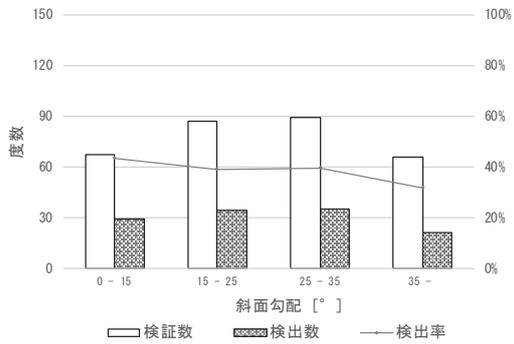
### ■ 判読調査に使用したSAR画像の諸元

	観測日時	分解能 [m]	オフナディア角 [°]	偏波	軌道方向	マイクロ波 照射方向	シーン数
新規観測	2017/10/23 昼パス	10	39.3	HV	ディセンディング (南行)	進行方向左	3

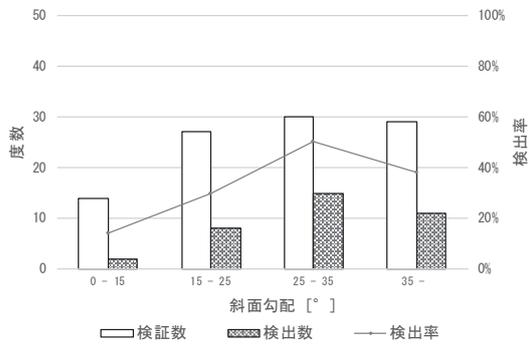
## 参考資料 2. 各災害の強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査の精度



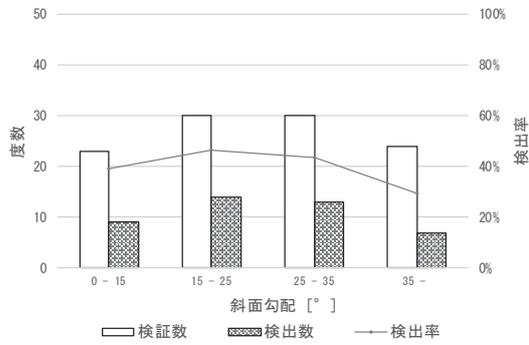
降雨による災害



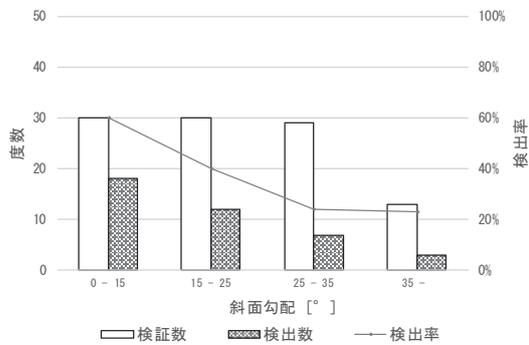
平成29年7月九州北部豪雨



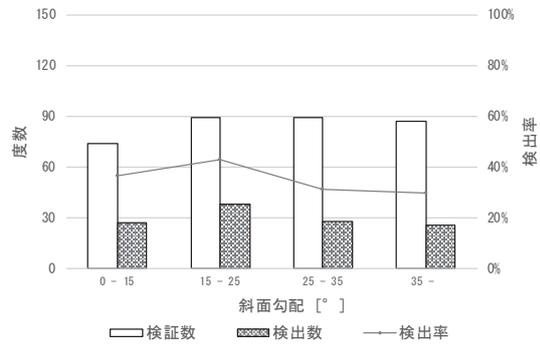
平成30年7月豪雨 (崩壊)



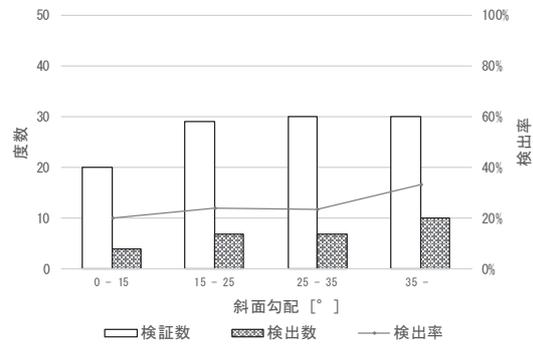
平成30年7月豪雨 (堆積)



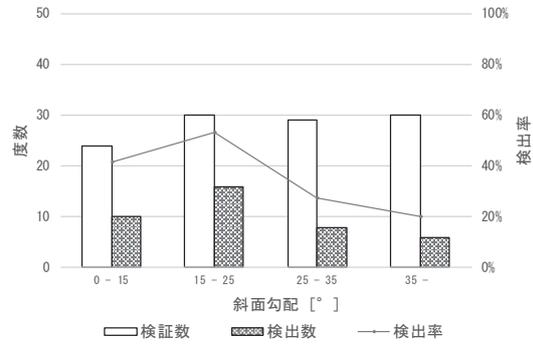
地震による災害



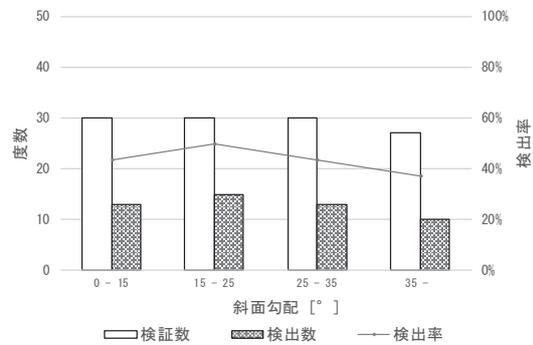
平成28年熊本地震 (崩壊)



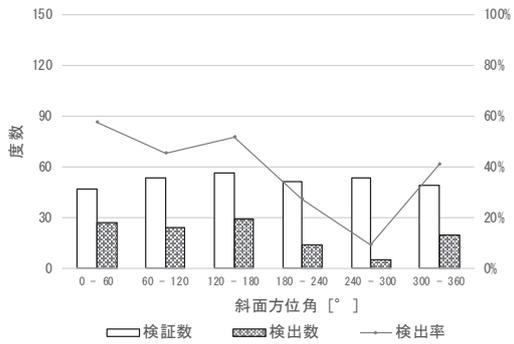
平成28年熊本地震 (堆積)



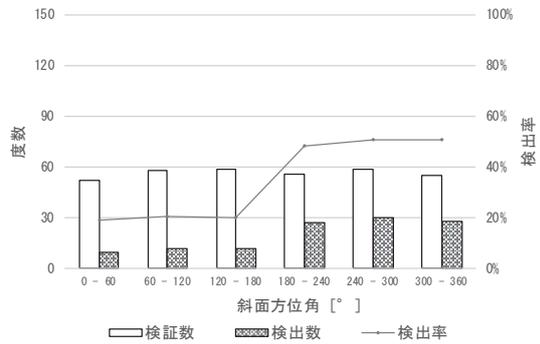
平成30年北海道胆振東部地震



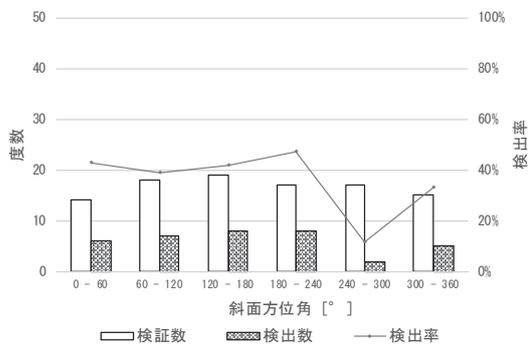
降雨による災害



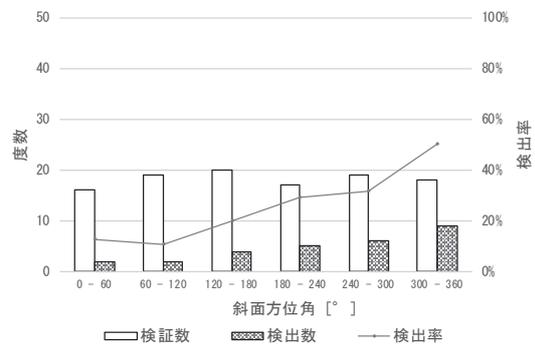
地震による災害



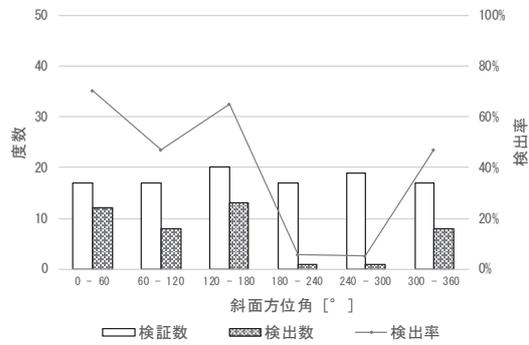
平成29年7月九州北部豪雨



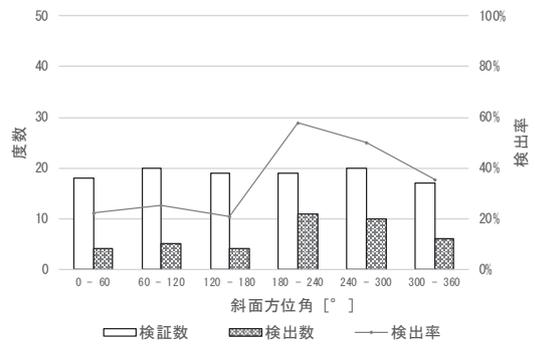
平成28年熊本地震 (崩壊)



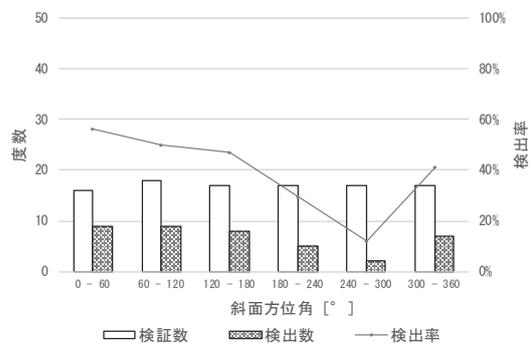
平成30年7月豪雨 (崩壊)



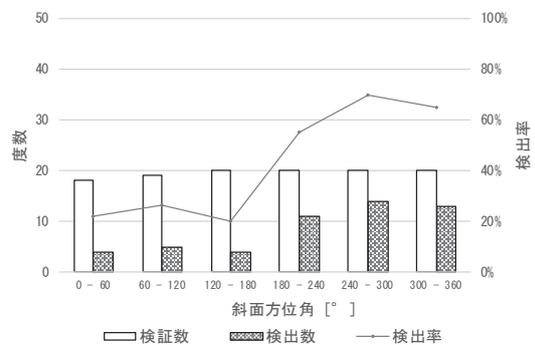
平成28年熊本地震 (堆積)



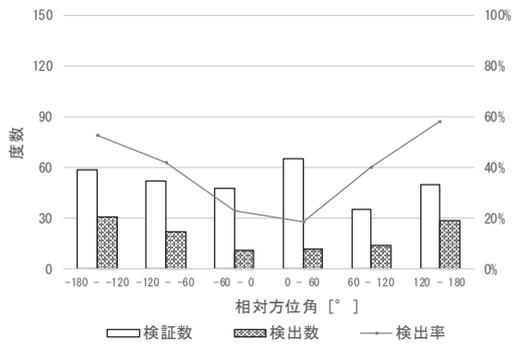
平成30年7月豪雨 (堆積)



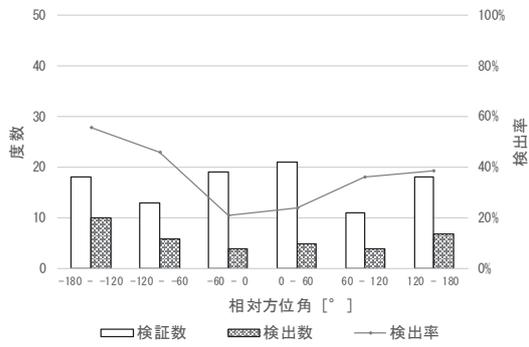
平成30年北海道胆振東部地震



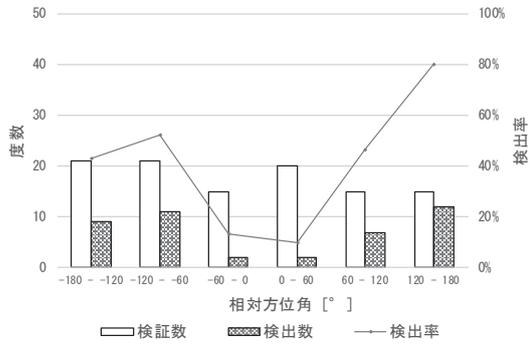
降雨による災害



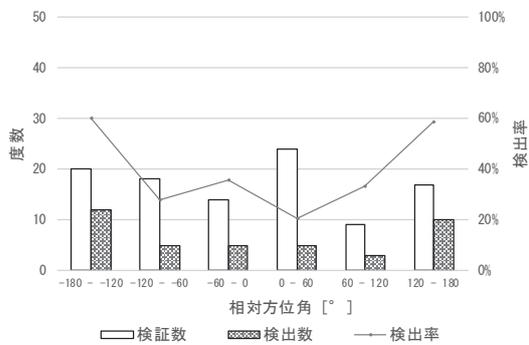
平成29年7月九州北部豪雨



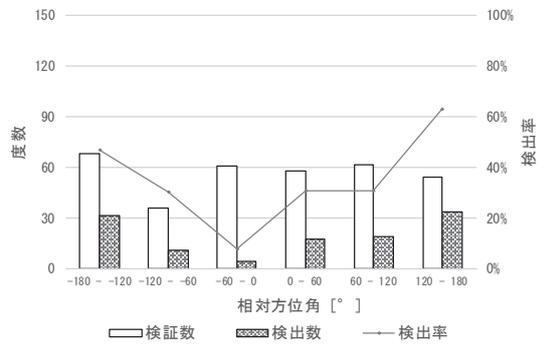
平成30年7月豪雨 (崩壊)



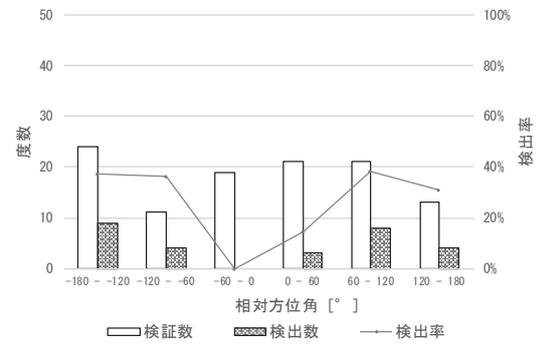
平成30年7月豪雨 (堆積)



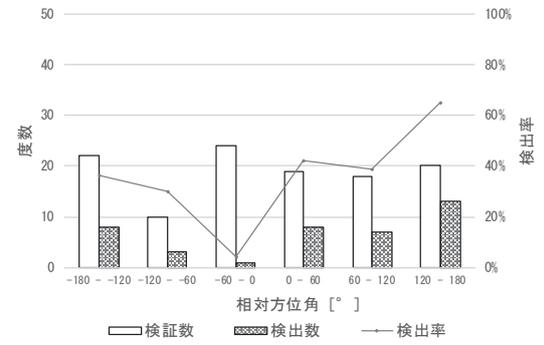
地震による災害



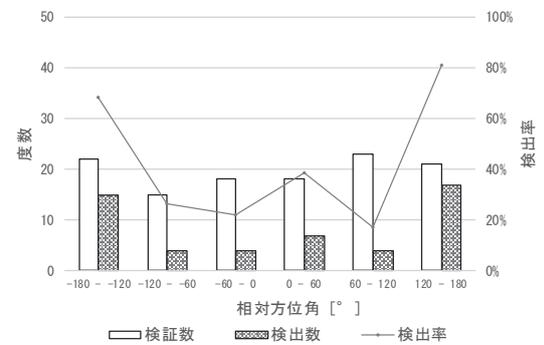
平成28年熊本地震 (崩壊)



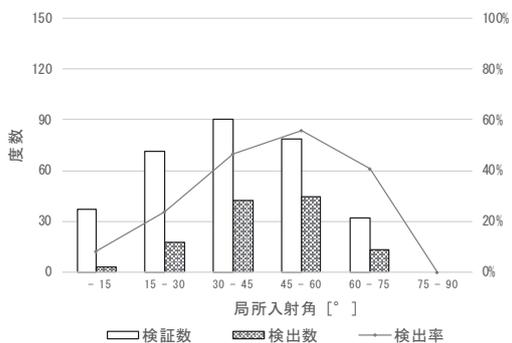
平成28年熊本地震 (堆積)



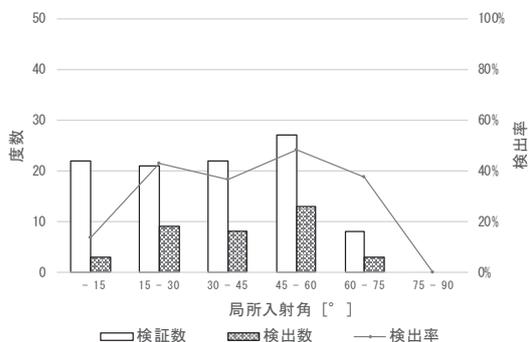
平成30年北海道胆振東部地震



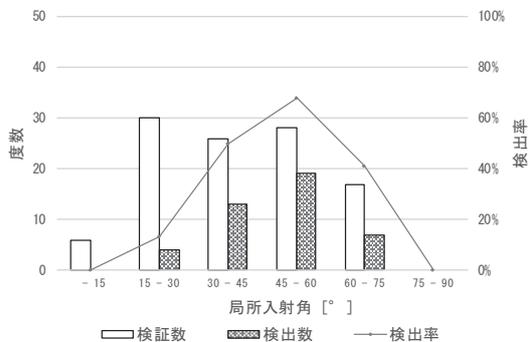
降雨による災害



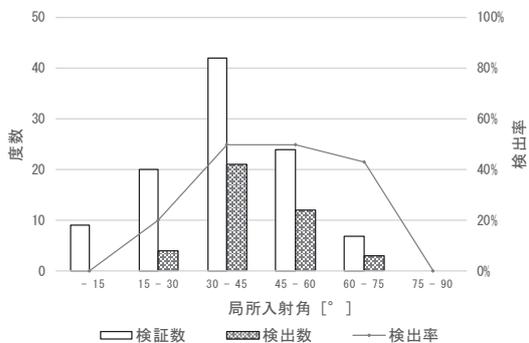
平成29年7月九州北部豪雨



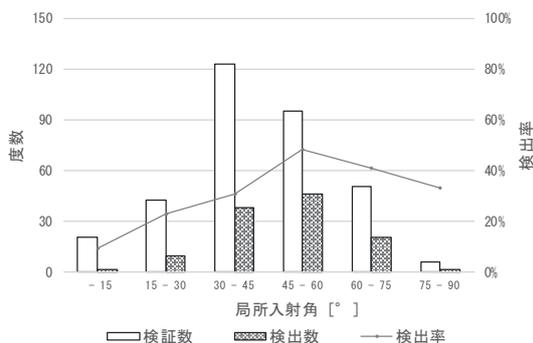
平成30年7月豪雨 (崩壊)



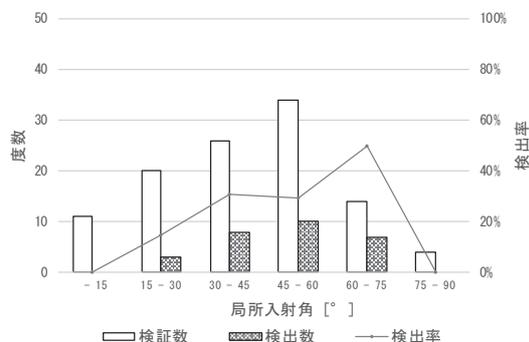
平成30年7月豪雨 (堆積)



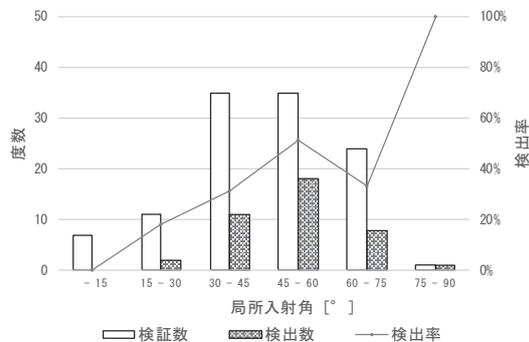
地震による災害



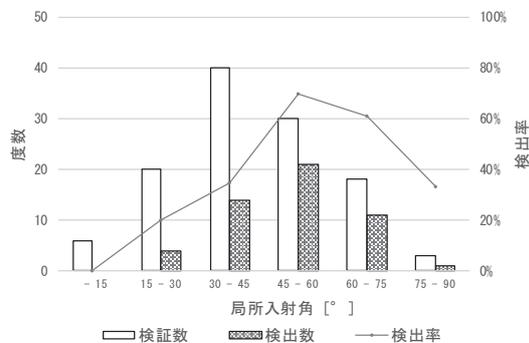
平成28年熊本地震 (崩壊)



平成28年熊本地震 (堆積)



平成30年北海道胆振東部地震



参考資料 3. 強度差分 SAR 画像による土砂災害判読調査のチェックリスト

強度差分SAR画像による土砂災害判読調査 チェックリスト					No.
ID		所在地		緯度	
				経度	
強度差分SAR画像		単偏波SAR画像（災害前）		単偏波SAR画像（災害後）	
地形図		災害前光学画像			
ステップ	参照する画像等	確認範囲	チェック項目	判断基準	評価 (○×)
1	強度差分SAR画像	強度差分SAR画像の着色範囲	支配色	①赤または赤・シアンの対がみられる	
	単偏波SAR画像	単偏波SAR画像の前後変化	形状変化	②シアンがみられる ③窪んだようにみえる ④盛り上がったようにみえる	
	強度差分SAR画像	強度差分SAR画像の着色範囲	明瞭度	⑤明瞭である	
①、③：○ ⇒ 2(崩壊)      ②、④：○ ⇒ 2(堆積)					
2 (崩壊)	地形図	地形	斜面勾配	⑥傾斜地である	
	地形図 災害前光学画像	周囲	土地被覆	⑦人工改変地ではない	
	地形図 災害前光学画像	周囲	土地被覆	⑧森林である	
2 (堆積)	地形図	地形	斜面勾配	⑨平地である	
	地形図 災害前光学画像	周囲	土地被覆	⑩人工改変地ではない	
	地形図 災害前光学画像	周囲	位置関係	⑪赤い変状に隣接している	
3	強度差分SAR画像	河道内	支配色	⑫シアンがみられる	
		河道上流側		⑬赤がみられる	
	地形図 災害前光学画像	河道上流側	湛水施設	⑭湛水施設はない	
<b>判定結果</b>		a. 斜面崩壊の発生      可能性がある / 変状を確認できない b. 崩壊による土砂の堆積      可能性がある / 変状を確認できない c. 河道閉塞の形成      可能性がある / 変状を確認できない d. SAR画像からは十分な判読ができない			

.....  
国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No.1110

April 2020

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

.....  
本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL029-864-2675